

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК

сборник учебно-методических материалов

для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность

Благовещенск, 2017

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
университета*

Составитель: Аверьянов В.Н.

Надежность технических систем и техногенный риск: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность / АмГУ, ИФФ; - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2017. – 22 с.

© Амурский государственный университет, 2017
©Кафедра безопасности жизнедеятельности, 2017
©Аверьянов В.Н., составление

СОДЕРЖАНИЕ:

1	Краткое изложение лекционного материала	4
2	Методические рекомендации (указания) к практическим занятиям	17
3	Методические указания для самостоятельной работы студентов	20

1. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения теории надежности. Единичные показатели надежности.

Надежность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Недостаточная надежность объекта приводит к огромным затратам на его ремонт, простоя машин, прекращению снабжения населения электроэнергией, водой, газом, транспортными средствами, невыполнению ответственных задач, иногда к авариям, связанным с большими экономическими потерями, разрушением крупных объектов и с человеческими жертвами. Чем меньше надежность машин, тем большие партии их приходится изготавливать, что приводит к перерасходу металла, росту производственных мощностей, завышению расходов на ремонт и эксплуатацию. Надежность объекта является комплексным свойством, ее оценивают по четырем показателям - безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости или по сочетанию этих свойств.

Безотказность - свойство объекта сохранять работоспособность непрерывно в течение некоторого времени или некоторой наработки. Это свойство особенно важно для машин, отказ в работе которых связан с опасностью для жизни людей. Безотказность свойственна объекту в любом из возможных режимов его существования, в том числе при хранении и транспортировке. Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. В отличие от безотказности долговечность характеризуется продолжительностью работы объекта по суммарной наработке, прерываемой периодами для восстановления его работоспособности при плановых и неплановых ремонтах и при техническом обслуживании. Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта. Важность ремонтпригодности технических систем определяется огромными затратами на ремонт машин. Сохраняемость – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования. Практическая роль этого свойства велика для деталей, узлов и механизмов, находящихся на хранении в комплекте запасных принадлежностей. Объекты подразделяют на невозстанавливаемые, которые не могут быть восстановлены потребителем и подлежат замене (например, электрические лампочки, подшипники, резисторы и т.д.), и восстанавливаемые, которые могут быть восстановлены потребителем (например, телевизор, автомобиль, трактор, станок и т.д.).

Надежность объекта характеризуется следующими состояниями: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное. Исправное состояние – такое состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Исправное изделие обязательно работоспособно. Неисправное состояние – такое состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Различают неисправности, не приводящие к отказам, и неисправности, приводящие к отказам. Например, повреждение окраски автомобиля означает его неисправное состояние, но такой автомобиль работоспособен.

Работоспособным состоянием называют такое состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, соответствующие требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Неработоспособное изделие является одновременно неисправным. Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Отказы по характеру возникновения подразделяют на случайные и неслучайные (систематические). Случайные отказы вызваны непредусмотренными нагрузками, скрытыми дефектами материалов, погрешностями изготовления, ошибками обслуживающего персонала. Неслучайные отка-

зы – это закономерные явления, вызывающие постепенное накопление повреждений, связанные с влиянием среды, времени, температуры, облучения и т. п.

В зависимости от возможности прогнозировать момент наступления отказа все отказы подразделяют на внезапные (поломки, заедания, отключения) и постепенные (износ, старение, коррозия). По причинам возникновения отказы классифицируют на конструктивные (вызванные недостатками конструкции), производственные (вызванные нарушениями технологии изготовления) и эксплуатационные (вызванные неправильной эксплуатацией).

Раздел 2. Комплексные показатели надежности. Случайные величины и их характеристики.

Для решения разнообразных технических задач необходимо подбирать наиболее подходящие законы распределения. Например, логарифмически нормальное распределение нашло широкое применение в вопросах техники, биологии, экономики и теории надежности. Его успешно применяют для описания наработки до отказа подшипников, электронных ламп и других изделий. Закон Вейбулла удовлетворительно описывает наработку до отказа подшипников, элементов радиоэлектронной аппаратуры, его используют для оценки надежности деталей и узлов машин, в частности автомобилей, а также для оценки надежности машин в процессе их приработки. Гамма-распределение широко применяют при описании появления отказов стареющих элементов, времени восстановления, наработки на отказ резервированных систем. При различных параметрах гамма-распределение принимает разнообразные формы, что и объясняет его широкое применение.

Закон распределения Пуассона.

Распределение Пуассона играет особую роль в теории надежности, поскольку оно описывает закономерность появления случайных отказов в сложных системах. Этот закон нашел широкое применение при определении вероятности появления и восстановления отказов. Случайная величина X распределена по закону Пуассона, если вероятность того, что эта величина примет определенное значение t , выражается формулой

$$P_m = \frac{\lambda^m}{m!} e^{-\lambda} \quad (1)$$

где λ - параметр распределения (некоторая положительная величина); $m = 0, 1, 2, \dots \infty$.

Математическое ожидание и дисперсия случайной величины X для закона Пуассона равны параметру распределения:

$$M_x = D_x = \lambda \quad (2)$$

Распределение Пуассона является однопараметрическим с параметром λ .

Экспоненциальное распределение.

Экспоненциальный закон распределения [4], называемый также основным законом надежности, часто используют для прогнозирования надежности в период нормальной эксплуатации изделий, когда постепенные отказы еще не проявились и надежность характеризуется внезапными отказами. Эти отказы вызываются неблагоприятным стечением многих обстоятельств и поэтому имеют постоянную интенсивность. Экспоненциальное распределение находит довольно широкое применение в теории массового обслуживания, описывает распределение наработки на отказ сложных изделий, время безотказной работы элементов радиоэлектронной аппаратуры. Приведем примеры неблагоприятного сочетания условий работы деталей машин, вызывающих их внезапный отказ. Для зубчатой передачи это может быть действием максимальной нагрузки на наиболее слабый зуб при его зацеплении; для элементов радиоэлектронной аппаратуры - превышение допустимого тока или температурного режима.

Плотность распределения экспоненциального закона (рис. 1) описывается соотношением

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (3)$$



Рисунок 1. График плотности экспоненциального распределения

функция распределения этого закона – соотношением

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (4)$$

функция надежности

$$P(x) = 1 - F(x) = e^{-\lambda x} \quad (5)$$

математическое ожидание случайной величины X

$$M(x) = \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

дисперсия случайной величины X

$$D(x) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (7)$$

Экспоненциальный закон в теории надежности нашел широкое применение, так как он прост для практического использования. Почти все задачи, решаемые в теории надежности, при использовании экспоненциального закона оказываются намного проще, чем при использовании других законов распределения. Основная причина такого упрощения состоит в том, что при экспоненциальном законе вероятность безотказной работы зависит только от длительности интервала и не зависит от времени предшествующей работы.

Нормальный закон распределения.

Нормальный закон распределения часто называют законом Гаусса. Этот закон играет важную роль и наиболее часто используется на практике по сравнению с другими законами распределения. Основная особенность этого закона состоит в том, что он является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения. В теории надежности его используют для описания постепенных отказов, когда распределение времени безотказной работы вначале имеет низкую плотность, затем максимальную и далее плотность снижается. Распределение всегда подчиняется нормальному закону, если на изменение случайной величины оказывают влияние многие, примерно равнозначные факторы. Нормальный закон распределения описывается плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (8)$$

где $e = 2,71828$ – основание натурального логарифма; $\pi = 3,14159$; m и σ - параметры распределения, определяемые по результатам испытаний. Колоколообразная кривая плотности распределения приведена на рис. 2.2. Параметр $m = Mx$ представляет собой среднее значение случайной величины X , оцениваемое по формуле

$$M(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (9)$$

параметр σ – среднее квадратическое отклонение случайной величины X , оцениваемое по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_x)^2}{n-1}} \quad (10)$$

Интегральная функция распределения имеет вид

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (11)$$

вероятность отказа и вероятность безотказной работы соответственно $Q(x)=F(x)$, $P(x)=1 - F(x)$.

Раздел 3. Надежность и качество функционирования технических систем.

Качественные показатели надежности и эффективности. Обзор фактов, влияющих на надежность. Структурные схемы надежности: последовательные, параллельные, смешанные, сложные, схемы « m из n ». Резервирование в ТС.

Источники и причины изменения начальных параметров технической системы. Те изменения, которые происходят с течением времени в любой технической системе и приводят к потере ее работоспособности, связаны с внешними и внутренними воздействиями, которым она подвергается. В процессе эксплуатации на систему действуют все виды энергии, что может привести к изменению параметров отдельных элементов, механизмов и системы в целом. При этом имеются три основных источника воздействий:

- энергия окружающей среды, включая человека, исполняющего функции оператора или ремонтника;
- внутренние источники энергии, связанные как с рабочими процессами, протекающими в технической системе, так и с работой отдельных элементов системы;
- потенциальная энергия, которая накоплена в материалах и деталях узлов системы в процессе их изготовления (внутренние напряжения в отливке, монтажные напряжения).

Все виды энергии действуют на техническую систему и ее механизмы, вызывают в ней целый ряд нежелательных процессов, создают условия для ухудшения ее технических характеристик.

Процессы, снижающие работоспособность системы. Различные виды энергии, действуя на систему, вызывают в ее узлах и деталях процессы, снижающие начальные параметры изделия. Эти процессы связаны, как правило, со сложными физико-химическими явлениями и приводят к деформации, износу, поломке, коррозии и другим видам повреждений. Это, в свою очередь, влечет за собой изменение выходных параметров изделия, что может привести к отказу. Приведем примеры данных взаимосвязей. Механическая энергия, действующая в звеньях металлорежущего

станка, приводит к возникновению процесса износа его звеньев. Это вызывает искажение начальной формы сопряжения (т. е. их повреждение), что приводит к потере станком точности, которая является основным выходным параметром станка. При достижении определенной погрешности обработки возникает отказ.

Химическая энергия вызывает процессы коррозии в резервуарах и трубопроводах агрегатов химической промышленности. Повреждение стенок резервуаров может привести вначале к ухудшению выходных параметров агрегата (загрязнение химических веществ, изменение пропускных сечений трубопроводов), а затем при разрушении стенок к полному выходу из строя изделия. Сочетание механических воздействий, в том числе высокочастотных колебаний, а также влияние температурных и химических факторов на элементы конструкции самолетов приводит к тому, что в них могут возникнуть усталостные разрушения (трещины). Они снижают несущую способность системы, что при определенной величине повреждения приводит к разрушению элемента конструкции и может закончиться аварией.

Процесс, возникающий в результате действия того или иного вида энергии, может не сразу привести к повреждению изделия. Часто существует период «накопления воздействий», прежде чем начнется период внешнего проявления процесса, т. е. повреждение изделия. Например, для начала развития усталостной трещины необходимо определенное число циклов переменных напряжений. Повреждение материала изделия - это отклонение его контролируемых свойств от начальных, оно связано с выходными параметрами изделия определенной зависимостью. Не всякое повреждение влияет на выходные параметры изделия. Также и определенная степень этого повреждения может не повлиять на показатели работоспособности.

Характеризуя надежность машин, часто пользуются понятием дефекта, т. е. такого состояния изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований технической документации, однако остается работоспособным. При этом дефект рассматривается как возможная причина отказа. Понятие дефекта следует относить только к результату технологического процесса, а понятие повреждения – к результату воздействий на систему при ее эксплуатации. При этом необходимо рассматривать не только факт возникновения повреждений, но и оценить степень этого повреждения. При достижении некоторого максимального значения степени повреждения наступает отказ изделия. Между воздействием энергии на изделие и возникновением отказа имеет место последовательная цепочка взаимосвязей.

Следует иметь в виду, что часть процессов, происходящих в машине и влияющих на ее технические характеристики, является обратимой. Обратимые процессы временно изменяют параметры деталей, узлов и всей системы в некоторых пределах, без тенденции прогрессивного ухудшения. Наиболее характерный пример таких процессов – упругая деформация узлов и деталей машин. Необратимые процессы приводят к прогрессивному ухудшению технических характеристик машины с течением времени. Наиболее характерными необратимыми процессами в машинах являются изнашивание, коррозия, усталость, перераспределение внутренних напряжений и коробление деталей с течением времени.

Показателями надежности называют количественные характеристики одного или нескольких свойств объекта, составляющих его надежность. К таким характеристикам относят, например, временные понятия - наработку, наработку до отказа, наработку между отказами, ресурс, срок службы, время восстановления. Значения этих показателей получают по результатам испытаний или эксплуатации. По восстанавливаемости изделий показатели надежности подразделяют на показатели для восстанавливаемых изделий и показатели невосстанавливаемых изделий. Применяются также комплексные показатели. Надежность изделий, в зависимости от их назначения, можно оценивать, используя либо часть показателей надежности, либо все показатели. Далее рассмотрим составляющие: показатели безотказности, показатели долговечности и комплексных показателей надежности технических систем.

Показатели безотказности:

- вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает;

- средняя наработка до отказа – математическое ожидание наработки объекта до первого отказа;
- средняя наработка на отказ – отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки;
- интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник. Этот показатель относится к невосстанавливаемым изделиям.

Показатели долговечности. Количественные показатели долговечности восстанавливаемых изделий делятся на 2 группы.

1. Показатели, связанные со сроком службы изделия:

- срок службы – календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновление после ремонта до перехода в предельное состояние;
 - средний срок службы – математическое ожидание срока службы;
 - срок службы до первого капитального ремонта агрегата или узла – это продолжительность эксплуатации до ремонта, выполняемого для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановления ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые;
 - срок службы между капитальными ремонтами, зависящий преимущественно от качества ремонта, т.е. от того, в какой степени восстановлен их ресурс;
 - суммарный срок службы - это календарная продолжительность работы технической системы от начала эксплуатации до выбраковки с учетом времени работы после ремонта;
 - гамма-процентный срок службы – календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью, выраженной в процентах.
- Показатели долговечности, выраженные в календарном времени работы, позволяют непосредственно использовать их в планировании сроков организации ремонтов, поставки запасных частей, сроков замены оборудования. Недостаток этих показателей заключается в том, что они не позволяют учитывать интенсивность использования оборудования.

Раздел 4. Контроль технического состояния, диагностика, обслуживание и ремонт технических объектов и систем в процессе их эксплуатации.

Испытания — это экспериментальное определение (оценивание) и/или контроль количественных и/или качественных характеристик свойств объекта путем воздействия на него спланированного комплекса возмущающих факторов при его функционировании или моделировании.

Испытания являются важнейшей экспериментальной основой функционирования систем управления качеством. Основные цели испытаний:

1. Экспериментальное подтверждение теоретических или расчетных результатов, принятых допущений или гипотез, заданных показателей качества изделий в условиях, близких к эксплуатационным, а также определение оценок резервов повышения качества конструкторско-технологических решений и надежности изделий.
2. Контроль качества технологии и организации производства, соблюдения в производстве и эксплуатации требований технической и технологической документации.
3. Устранение дефектов взаимодействия изделий в составе технических комплексов.

Виды испытаний на надежность

В реальных условиях эксплуатации технических систем на объекты воздействует сложный комплекс разнообразных внешних воздействий как естественного, так и искусственного происхождения. Для определения надежности и качества изделий предусматриваются различные виды испытаний.

Определительные испытания проводятся для определения значений характеристик объекта с заданными значениями точности и/или достоверности.

Контрольные испытания предназначаются для контроля качества объекта. Контрольные испытания обычно разделяют на приемосдаточные и типовые испытания. Контрольные испытания

готовой продукции, проводимые при приемочном контроле, называются приемо-сдаточными. К типовым испытаниям относятся контрольные испытания продукции, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию, рецептуру или технологический процесс.

Исследовательские испытания проводятся для изучения определенных характеристик свойств объектов. Исследовательские испытания, проводимые для определения зависимости между предельно допустимыми значениями параметров объекта и значениями параметров режимов эксплуатации, называются **граничными**.

Доводочные испытания — исследовательские испытания, проводимые в процессе разработки изделий с целью оценки влияния вносимых в них изменений для достижения требуемых показателей качества.

Предварительные испытания — контрольные испытания опытных образцов (партий) изделий с целью определения возможности их предъявления на приемочные испытания.

Приемочные испытания — это контрольные испытания опытных образцов (партий) изделий, а также изделий единичного производства, проводимые соответственно для решения вопроса о целесообразности постановки на производство этих изделий или передачи их в эксплуатацию.

К **нормальным** относятся испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимого объема информации о характеристиках свойств объекта в такой же интервал времени, как и в предусмотренных условиях эксплуатации.

Ускоренные испытания — испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимой информации в более короткий срок, чем при нормальных испытаниях.

Сокращенные испытания — испытания, проводимые по сокращенной программе без интенсификации процессов, вызывающих отказы и повреждения.

Форсированные испытания — ускоренные испытания, основанные на интенсификации деградационных процессов, приводящих к отказам.

Разрушающие испытания — испытания с применением разрушающих методов контроля, которые могут нарушить пригодность объекта к использованию по назначению.

Неразрушающие испытания — испытания с применением неразрушающих методов контроля.

Раздел 5. Постепенные отказы ТС. Расчет надежности с учетом глубины контроля.

Эффективным способом повышения надежности систем наряду с восстановлением является резервирование. Сложность жизненного цикла резервированных изделий с восстановлением не позволяет непосредственно использовать простые модели для показателей надежности. Для таких случаев разработан специальный математический аппарат, базирующийся на теории марковских процессов с конечным множеством состояний. Определение показателей надежности при таком подходе сводится к решению систем дифференциальных или алгебраических уравнений.

При использовании теории марковских процессов к описанию поведения резервированных восстанавливаемых систем принимается допущение, что время безотказной работы и время восстановления распределены по экспоненциальному закону с параметрами соответственно l и m .

Марковским процессом (процессом без последствий) называется случайный процесс в системе, в которой для каждого момента времени t_0 вероятность состояния в будущем (при $t > t_0$) зависит только от ее состояния в настоящем ($t = t_0$) и не зависит от того, когда и каким образом система пришла в это состояние, т. е. как развивался процесс в прошлом. Таким образом, функционирование системы, описанной марковским процессом, в будущем зависит лишь от ее теперешнего состояния и не зависит от предыстории процесса.

Рассматриваемая система может находиться в нескольких состояниях, число которых является конечным и в которые она переходит в случайные моменты времени. Процесс в такой системе называется случайным процессом с дискретными состояниями.

Пусть $x(t)$ — регулярный (однородный) марковский процесс, определенный на множестве состояний S с заданными начальными условиями и вероятностями переходов $P_{ij}(t)$:

$$P_{ij}(t) = P\{x(t + \Delta t) = S_j | x(t) = S_i\}$$

Обозначим через $P_{ij}(t) = P_i(t)$ вероятность нахождения марковского процесса $x(t)$ в момент времени t в состоянии S_i . Регулярные марковские процессы $x(t)$ с конечным множеством состояний описываются матрицей постоянных величин $Y_{ij} (S_i, S_j \in S)$, которые называются интенсивностями переходов из состояний S_i в S_j . Матрицу L , содержащую интенсивности Y_{ij} , называют матрицей переходов:

$$L = \begin{pmatrix} -Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & -Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & -Y_{nn} \end{pmatrix}$$

Для консервативных марковских процессов, у которых

$$y_i = \sum_{j=1}^n y_{ij} < \infty, \quad i = 1, \dots, n,$$

вероятности $P_i(t)$ определяются из системы дифференциальных уравнений, называемых уравнениями А. Н. Колмогорова:

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n y_{ij} P_j(t) - P_i(t) \sum_{j=1}^n y_{ij}.$$

Раздел 6. Внезапные отказы ТС. Расчет надежности с учетом глубины контроля.

Большинство систем спроектировано таким образом, что при выходе из строя любого из элементов система отказывает. При анализе надежности такой системы предполагается, что отказ любого из элементов носит случайный и независимый характер и не вызывает изменения характеристик (не нарушает работоспособности) остальных элементов. С точки зрения теории надежности в системе, где отказ любого из элементов приводит к отказу системы, элементы включены на структурной схеме надежности по основной схеме или последовательно. В понятии отказа заложен физический аналог электрической схемы с последовательным включением элементов, когда отказ любого из элементов связан с разрывом цепи. Но очень часто при расчетах надежности приходится физическое параллельное включение элементов рассматривать как последовательное включение расчетных элементов.

Например, некоторый потребитель потребляет электроэнергию по двум одинаковым кабелям, причем сечение жил одного кабеля не в состоянии пропустить всю электрическую нагрузку потребителя. При выходе из строя одного кабеля оставшийся в работе попадает под недопустимую перегрузку, и этот кабель с помощью защиты отключается — система электроснабжения отказывает, т. е. отказ одного из кабелей вызывает отказ участка электропитания. Следовательно, при расчете надежности кабели как расчетные элементы имеют последовательную основную схему включения.

Допустим, что система состоит из n последовательно включенных элементов. Из теории вероятностей известно, что если определены вероятности появления нескольких независимых случайных событий, то совпадение этих событий определяется как произведение вероятностей их появлений. В нашем случае работоспособное состояние любого из n элементов системы оценивается как вероятность безотказной работы элемента. Система будет находиться в работоспособном состоянии только при условии совпадения работоспособных состояний всех элементов. Таким образом, работоспособность системы оценивается как произведение вероятностей безотказной работы элементов:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t)$$

где $P_i(t)$ — вероятность безотказной работы i -го элемента.

Система, как и элемент, может находиться в одном из двух несовместимых состояний: отказа или работоспособности. Следовательно,

$$P(t)+Q(t)=1; Q(t)=1-P(t)$$

где $Q(t)$ — вероятность отказа системы, определяемая по выражению

$$Q(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(t)$$

Раздел 7. Испытания на надежность. Синтез надежности технических систем. Моделирование надежности.

Большинство технических систем являются сложными системами, состоящими из отдельных узлов, деталей, агрегатов, систем управления и т.п. Под сложной системой понимается объект, предназначенный для выполнения заданных функций, который может быть расчленен на элементы (компоненты), каждый из которых также выполняет определенные функции и находится во взаимодействии с другими элементами системы. С позиций надежности сложная система обладает как отрицательными, так и положительными свойствами. Факторы, отрицательно влияющие на надежность сложных систем, следующие:

во-первых, это большое число элементов, отказ каждого из которых может привести к отказу всей системы;

во-вторых, оценить работоспособность сложных систем весьма затруднительно с точки зрения статистических данных, т.к. они часто являются уникальными или имеются в небольших количествах;

в-третьих, даже у систем одинакового предназначения каждый экземпляр имеет свои незначительные вариации свойств отдельных элементов, что сказывается на выходных параметрах системы. Чем сложнее система, тем большими индивидуальными особенностями она обладает.

Однако сложные системы обладают и такими свойствами, которые положительно влияют на их надежность:

во-первых, сложным системам свойственна самоорганизация, саморегулирование или самоприспособление, когда система способна найти наиболее устойчивое для своего функционирования состояние;

во-вторых, для сложной системы часто возможно восстановление работоспособности по частям, без прекращения ее функционирования;

в-третьих, не все элементы системы одинаково влияют на надежность сложной системы. Анализ работоспособности сложной системы связан с изучением ее структуры и тех взаимосвязей, которые определяют ее надежное функционирование.

При анализе надежности сложных систем их разбивают на элементы (компоненты) с тем, чтобы вначале рассмотреть параметры и характеристики элементов, а затем оценить работоспособность всей системы. Под элементом можно понимать составную часть сложной системы, которая может характеризоваться самостоятельными входными и выходными параметрами. При исследовании надежности системы элемент не расчленяется на составные части и показатели безотказности и долговечности относятся к элементу в целом. При этом возможно восстановление работоспособности элемента независимо от других частей и элементов системы. Анализ надежности сложных систем имеет свои специфические особенности. Влияние различных отказов и снижение работоспособности элементов системы по-разному скажутся на надежности всей системы.

При анализе надежности сложной системы все ее элементы и компоненты целесообразно разделить на следующие группы.

1. Элементы, отказ которых практически не влияет на работоспособность системы (деформация ограждающего кожуха машины, изменение окраски поверхности и т.п.). Отказы (т.е. неисправное состояние) этих элементов могут рассматриваться изолированно от системы.

2. Элементы, работоспособность которых за рассматриваемый период времени практически не изменяется (станины и корпусные детали, малонагруженные элементы с большим запасом прочности).

3. Элементы, ремонт или регулировка которых возможны при работе изделия или во время остановок, не влияющих на его эффективность (подналадка и замена режущего инструмента на станке, регулировка холостого хода карбюратора автомобильного двигателя).

4. Элементы, отказ которых приводит к отказам системы.

Таким образом, рассмотрению и анализу надежности подлежат лишь элементы последней группы. Как правило, имеется ограниченное число элементов, которые в основном и определяют надежность изделия. Эти элементы и подсистемы выявляются при рассмотрении структурной схемы параметрической надежности.

Модели надежности устанавливают связь между подсистемами (или элементами системы) и их влиянием на работу всей системы. Структурная схема надежности определяет функциональную взаимосвязь между работой подсистем (или элементов) в определенной последовательности. Эту схему составляют по принципу функционального назначения соответствующих подсистем (или элементов) при выполнении ими определенной части работы, выполняемой системой в целом.

Техническая система может быть сконструирована таким образом, что для успешного ее функционирования необходима исправная работа всех ее элементов. В этом случае ее называют последовательной системой. Есть также системы, в которых при отказе одного элемента другой элемент способен выполнить его функции. Такую систему называют параллельной. Очень часто системы обладают свойствами как параллельных, так и последовательных систем — системы со смешанным соединением.

При расчете надежности необходимо исследовать действия системы, основываясь на ее функциональной структуре и используя вероятностные соотношения. Такое исследование структуры позволяет выявить узкие места в конструкции системы с точки зрения ее надежности, а на этапе проектирования разработать конструктивные меры по устранению подобных узких мест. Например, можно заранее подсчитать, сколько резервных элементов необходимо для обеспечения заданного уровня надежности системы. Далее можно рассчитать надежность системы, построенной из элементов с известной надежностью, или наоборот, исходя из требования к надежности системы, предъявить требования к надежности элементов.

Раздел 8. Введение и основные понятия о техногенном риске. Анализ и оценка риска. Количественные показатели риска.

Ряд трактовок раскрывает риск как вероятность возникновения несчастного случая, опасности, аварии или катастрофы при определенных условиях (состоянии) производства или окружающей человека среды. Приведенные определения подчеркивают как значение активной деятельности субъекта, так и объективные свойства окружающей среды. Риск – это вероятность реализации негативного воздействия факторов техносферы в зоне пребывания человека.

$$R = R_{\text{чс}} / R_{\text{общ}} \leq R_{\text{доп}} \quad (12)$$

где R – риск; $R_{\text{чс}}$ – реализованное число событий; $R_{\text{общ}}$ – общее число событий; $R_{\text{доп}}$ – допустимое число событий.

Допустимый уровень пожарной опасности (риска) для каждого человека составляет 10^{-6} . Это означает, что в течение года от воздействия ОФП в нашей стране не должно погибнуть более одного человека на миллион россиян.

Под риском следует понимать ожидаемую частоту или вероятность возникновения опасностей определенного класса, или же размер возможного ущерба (потерь, вреда) от нежелательного события, или же некоторую комбинацию этих величин.

Каждое нежелательное событие может возникнуть по отношению к определенной жертве - объекту риска. Соотношение объектов риска и нежелательных событий позволяет различать индивидуальный, технический, экологический, социальный и экономический риск. Каждый вид его обуславливают характерные источники и факторы риска, классификация и характеристика которого приведены в табл. 1.

Таблица 1. Классификация и характеристика видов риска

Вид риска	Объект риска	Источник риска	Нежелательное событие
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельности человека	Заболевание, травма, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации технических систем и объектов	Авария, взрыв, катастрофа, пожар, разрушение
Экологический	Экологические системы	Антропогенное вмешательство в природную среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические катастрофы, стихийные бедствия
Социальный	Социальные группы	Чрезвычайная ситуация, снижение качества жизни	Групповые травмы, заболевания, гибель людей, рост смертности
Экономический	Материальные ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, ущерб от недостаточной защищенности

Индивидуальный риск обусловлен вероятностью реализации потенциальных опасностей при возникновении опасных ситуаций. Его можно определить по числу реализовавшихся факторов риска:

$$R_{И} = \frac{P(t)}{L(f)} \quad (13)$$

где $R_{И}$ – индивидуальный риск; P – число пострадавших (погибших) в единицу времени t от определенного фактора риска f ; L – число людей, подверженных соответствующему фактору риска f в единицу времени t .

Индивидуальный риск может быть добровольным, если он обусловлен деятельностью человека на добровольной основе, и вынужденным, если человек подвергается риску в составе части общества (например, проживание в экологически неблагоприятных регионах, вблизи источников повышенной опасности).

Технический риск - комплексный показатель надежности элементов техносферы. Он выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений:

$$R_{Т} = \frac{\Delta T(t)}{T(f)} \quad (14)$$

где $R_{Т}$ – технический риск; T – число аварий в единицу времени t на идентичных технических системах и объектах; ΔT – число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска f .

Экологический риск выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Нежелательные события экологического риска могут проявляться как непосредственно в зонах вмешательства, так и за их пределами:

$$R_{О} = \frac{\Delta O(t)}{O} \quad (15)$$

где $R_{О}$ – экологический риск; O – число антропогенных экологических катастроф и стихийных бедствий в единицу времени t ; ΔO – число потенциальных источников экологических разрушений на рассматриваемой территории.

Социальный риск характеризует масштабы и тяжесть негативных последствий чрезвычайных ситуаций, а также различного рода явлений и преобразований, снижающих качество жизни

людей. По существу это риск для группы или сообщества людей. Оценить его можно, например, по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек соответствующей группы:

$$R_C = \frac{1000(C_2 - C_1)}{L} \cdot t \quad (16)$$

где R_C – социальный риск; C_1 – число умерших в единицу времени t (смертность) в исследуемой группе в начале периода наблюдения, например до развития чрезвычайных событий; C_2 – смертность в той же группе людей в конце периода наблюдения, например на стадии затухания чрезвычайной ситуации; L – общая численность исследуемой группы.

Раздел 9. Аварии и аварийность в ТС. Системно-диагностический подход к оценке техногенного риска. Моделирование риска.

Анализ причин промышленных аварий показывает, что возникновение и развитие крупных аварий, как правило, характеризуется комбинацией случайных локальных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях аварии (отказы оборудования, человеческие ошибки при эксплуатации, проектировании, внешние воздействия, разрушение, разгерметизация, выброс, утечка, пролив вещества, испарение, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы деревьев отказов и событий.

Дерево отказов - это топологическая модель надежности и безопасности, которая отражает логико-вероятностные взаимосвязи между отдельными случайными исходными событиями в виде первичных отказов или результирующих отказов, совокупность которых приводит к главному анализируемому событию. Таким образом, дерево отказов - это ориентировочный граф в виде дерева.

Основной целью построения дерева неисправностей является символическое представление существующих в системе условий, способных вызвать ее отказ. Кроме того, построенное дерево позволяет показать в явном виде слабые места системы и является наглядным средством представления и обоснования принимаемых решений, а также средством исследования компромиссных соотношений или установления степени соответствия конструкции системы заданным требованиям.

Выделяют пять типов вершин дерева отказов (ДО):

вершины, отображающие первичные отказы;

вершины, отображающие результирующие или вторичные отказы;

вершины, отображающие локальные отказы, которые не влияют на возникновение других отказов;

вершины, соответствующие операции логического объединения случайных событий (типа "ИЛИ");

вершины, соответствующие операции логического произведения случайных событий (типа "И").

Каждой вершине ДО, отображающей первичный или результирующий отказ, соответствует определенная вероятность возникновения отказа. Одним из основных преимуществ ДО является то, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов систем и событий, которые приводят к постулируемому отказу или аварии. Чтобы определить вероятность отказа, необходимо найти аварийные сочетания, для чего необходимо произвести качественный и количественный анализ дерева отказов.

Структура дерева отказа включает одно головное событие (аварию, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих события (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи (сценарии аварий). Для связи между событиями в узлах деревьев используются знаки «И» и «ИЛИ». Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий (соответствует перемножению их вероятностей для оценки вероятности вышестоящего события). Знак

«ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.

Обычно предполагается, что исследователь, прежде чем приступить к построению дерева неисправностей, тщательно изучает систему. Поэтому описание системы должно быть частью документации, составленной в ходе такого изучения.

В зависимости от конкретных целей анализа дерева неисправностей для построения последнего специалисты по надежности обычно используют либо метод первичных отказов, либо метод вторичных отказов, либо метод инициированных отказов.

Метод первичных отказов. Отказ элемента называется первичным, если он происходит в расчетных условиях функционирования системы. Построение дерева неисправностей на основе учета лишь первичных отказов не представляет большой сложности, так как дерево строится только до той точки, где идентифицируемые первичные отказы элементов вызывают отказ системы.

Метод вторичных отказов. Чтобы анализ охватывал и вторичные отказы, требуется более глубокое исследование системы. При этом анализ выходит за рамки рассмотрения системы на уровне отказов ее основных элементов, поскольку вторичные отказы вызываются неблагоприятным воздействием окружающих условий или чрезмерными нагрузками на элементы системы в процессе эксплуатации.

Метод инициированных отказов. Подобные отказы возникают при правильном использовании элемента, но в неустановленное время или в неполюженном месте. Другими словами, инициированные отказы - это сбои операций координации событий на различных уровнях дерева неисправностей: от первичных отказов до завершающего события (нежелательного либо конечного).

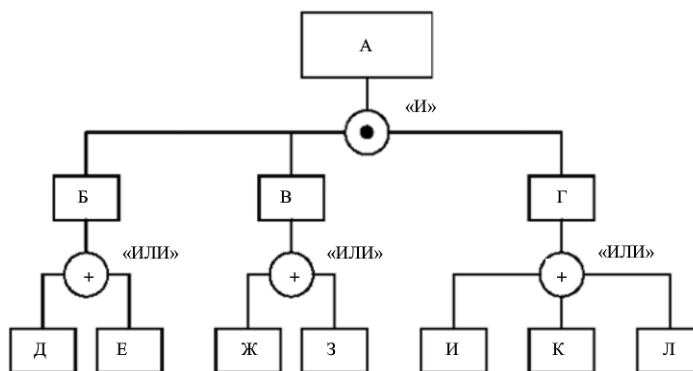


Рисунок 2. Дерево причин поражения человека электрическим током

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

1. По имеющимся предпосылкам составить дерево происшествий.

Событие:

- X Возгорание на аккумуляторной станции
- I Повышенное выделение газа в аккумуляторной станции
- H Отсутствие вентиляции в аккумуляторной станции
- K Появление источника воспламенения в аккумуляторной станции
- A Длительный заряд неисправных аккумуляторных батарей
- B Отказ зарядных устройств
- C Поломка вентиляторов
- D Закрытие воздухопроводов
- E Искрение электрооборудования
- F Появление людей с открытым огнем
- G Курение людей

Задание 1. Выписать все минимальные пропускные сочетания.

Задание 2. Выписать все минимальные отсеченные сочетания.

Задание 3. Охарактеризовать появление головного события по ветке H.

2. По имеющимся предпосылкам составить дерево происшествий.

Событие:

- X Несчастный случай (повреждение глаз)
- M Появление незащищенных людей в опасной зоне
- L Опасная зона – станки включены
- K Люди без очков на глазах вошли в зону
- A Оператор 1-го станка работает без очков
- B Оператор 2-го станка работает без очков
- C 1-ый станок функционирует
- D 2-ой станок функционирует
- E Посторонние люди входят в помещение
- F Работающий подносит инструменты
- G Работающий приходит за инструментом
- H В помещение входит руководство цеха

Задание 1. Выписать все минимальные пропускные сочетания.

Задание 2. Выписать все минимальные отсеченные сочетания.

Задание 3. Охарактеризовать появление головного события по ветке K.

3. По имеющимся предпосылкам составить дерево происшествий.

Предпосылки аварийного пролива горючего при заправке

Код	Наименование исходных и промежуточных событий	P_i
1.	Обрыв цепей передачи сигнала от датчиков объема дозы выданного горючего	0,0005
2.	Ослабление сигнала выдачи дозы помехами (нерасчетное внешнее воздействие)	0,00001
3.	Система автоматической выдачи дозы (САВД) оказалась отключенной (ошибка контроля исходного положения)	0,0001
4.	Отказ усилителя-преобразователя сигнала выдачи дозы	0,0002

5.	Отказ расходомера (измерителя потока горючего)	0,0003
6.	Отказ датчика уровня в баке горючего	0,0002
7.	Оператор не заметил световой индикации о неисправности САВД (ошибка человека)	0,005
8.	Оператор не услышал звуковой сигнализации об отказе САВД (ошибка человека)	0,001
9.	Оператор не знал о необходимости отключения насоса по истечению заданного времени	0,001
10.	Оператор не заметил индикации хронометра об истечении установленного времени заправки	0,004
11.	Отказ датчика времени заправки (хронометра)	0,00001
12.	Отказ автоматического выключателя электропривода насоса	0,00001
13.	Обрыв цепей управления насосом подачи горючего	0,00001
А	Отказ средств передачи сигнала от датчиков объема дозы	
Б	Отказ средств выдачи сигнала о величине выданной дозы	
В	САВД не смогла выдать команду на отключение насосов	
Г	Оператор не среагировал на неисправность САВД	
Д	Оператор не среагировал на показания хронометра	
Е	Оператор не пытался отключить насосную установку в заданное время	
И	Команда на отключение насосной установки не поступала	
Л	Команда на отключение насосов не выполнена	

Задание 1. Выписать все минимальные пропускные сочетания.

Задание 2. Выписать все минимальные отсеченные сочетания.

Задание 3. Рассчитать вероятность появления головного события.

4. По имеющимся предпосылкам составить дерево происшествий.

Предпосылки травмирования людей подвижным составом

Код	Наименование исходных и промежуточных событий	P_i
1	Отказ проводных датчиков контроля занятости пути	0,0001
2	Отказ беспроводных датчиков запрещающих сигналов	0,0001
3	Система автоматической локомотивной сигнализации (САЛС) отсутствует или отключена (ошибка контроля)	0,0005
4	Отказ усилителя-преобразователя устройства запрещающих сигналов, смонтированного в локомотиве	0,0005
5	Обрыв цепей основного сигнала на остановку локомотива	0,0001
6	Ослабление резервного сигнала на остановку поезда в результате внешних помех (нерасчетное воздействие извне)	0,0005
7	Запоздалое информирование машиниста скорого поезда диспетчером об очистке путей рабочими (ошибка)	0,005
8	Несвоевременная фиксация машинистом поезда сигналов запрета движения по станции (ошибка)	0,008
9	Локомотивная бригада поздно заметила рабочих и не стала резко тормозить - для исключения других происшествий	0,01
10	Локомотивная бригада не заметила механических препятствий для движения по станции	0,005
11	Локомотивная бригада не заметила людей, неожиданно оказавшихся непосредственно перед ее поездом	0,001
12	Выход рабочих на путь, открытый для движения поезда	0,005

13	Опасное приближение рабочих к подвижному составу, проходящему по смежным путям	0,003
А	Отказ датчиков занятости пути и индикаторов запрещающего сигнала, смонтированных в скором поезде	
Б	Отказ устройств управления экстренной остановкой скорого поезда	
В	Скорый поезд с не работающей САЛС подъехал к месту работ по пневмоочистке стрелочных переводов	
Г	Бригада скорого поезда пыталась, не смогла его экстренно остановить	
Д	Бригада скорого поезда не видела необходимости в экстренной остановке поезда	
Е	Локомотивная бригада экстренно не остановила поезд	
И	Травмирование путевых рабочих скорым поездом	
Л	Травмирование путевых рабочих подвижным составом, проходящим по смежным путям	

Задание 1. Выписать все минимальные пропускные сочетания.

Задание 2. Выписать все минимальные отсеченные сочетания.

Задание 3. Рассчитать вероятность появления головного события.

Расчет размера ущерба, причиняемого водному объекту вследствие разлива нефти и нефтепродуктов.

1. Цель работы: изучение метода расчета размера ущерба, причиняемого водным объектам (ВО) вследствие разлива нефти.

2. Учебные вопросы, изучаемые на занятии

2.1. Понятие и сущность разлива нефти;

2.2. Причины и условия возникновения разлива нефти;

2.3. Влияние разлива нефти на ОС;

2.4. Методы расчета размера ущерба причиняемого водным объектам вследствие разлива нефти

3. Рекомендации обучающимся по подготовке к занятию

3.1. Изучить теоретические основы в области расчета размера ущерба причиняемого водным объектам вследствие разлива нефти;

3.2. Изучить методы расчета размера ущерба;

3.3. Ознакомиться с содержанием настоящего практического занятия;

3.4. Записать в рабочую тетрадь исходные данные в соответствии с вариантами задания. Вариант задания обучающийся выбирает самостоятельно по последней цифре зачетной книжки.

3.5. В целях самоконтроля ознакомиться с контрольными вопросами.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

4.1 Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

4.2 Методические рекомендации при подготовке к практическим занятиям

Целью проведения практических занятий является закрепление полученного на лекциях теоретико-методического материала, развитие логического мышления и аналитических способностей у будущих бакалавров. Методика проведения практических занятий предусматривает решение общих (типовых) задач и нескольких задач для самостоятельного решения. Темы практических занятий сообщаются студентам заранее и определены рабочей программой дисциплины.

Методические рекомендации для выполнения практических работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме практической работы, а также приведен порядок выполнения работы с требованиями к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях по теме практического занятия. Изучить выданный преподавателем материал по темам практических работ. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы. Ознакомиться с исходными данными для выполнения индивидуального задания. На практических занятиях задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить расчетно-графическую работу.

Оформление индивидуальных заданий выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Титульный лист приведен на рисунке 1.

В содержании должны быть отражены следующие пункты:

1. Содержание
2. Условие задачи
3. Теоретическая часть
4. Расчетная часть
5. Анализ результатов расчета
6. Выводы
7. Библиографический список
8. Приложения (при необходимости), например листинги программ по которым производились расчеты

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет:
Кафедра:
Направление подготовки:
Направленность (профиль) образовательной программы:

Расчетно-графическая работа

Вариант № _____

по дисциплине: _____

Выполнил

студент группы _____

(подпись, дата)

И.О.Ф.

Проверил

должность, ученая степень

(подпись, дата)

И.О.Ф.

Благовещенск 20 ____

Рисунок 1 – Титульный лист отчета по индивидуальному заданию

4.3 Групповая консультация

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (выполнение расчетно-графической работы, выполнение курсового проекта, сдача экзаменов).

4.4 Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы

Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине или доступ к электронным библиотечным ресурсам, которые необходимы для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф, какие новые понятия введены, каков их смысл, что даст это на практике?

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.