

ЛЕКЦИЯ

Тема 4.

ЛЕКЦИЯ 8.

Занятие 10.

Методики оценки качества АСОИУ

Раскрыть методологические основы оценки качества АСОИУ

Учебные вопросы

- 1. Общая характеристика задачи оценки качества АСОИУ**
- 2. Оценка оперативности АСОИУ**
- 3. Оценка надежности АСОИУ**

ОСНОВНАЯ

1. Пантюхин О. И., Ходасевич Г. Б. Надежность АСОИУ: Часть 1: учебное пособие. - СПб. : Издательство СПбГУТ, 2012. - 56 с.

2. Пантюхин О. И., Ходасевич Г. Б. Надежность АСОИУ: Часть 2: учебное пособие. - СПб. : Издательство СПбГУТ, 2012. - 72 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надёжности. Учебник. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006.

Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно – программных комплексов. СПб. Питер. 2005г. 478 стр. Уч. пособие.

На сегодняшний день качество создаваемых систем автоматизации различного назначения часто не соответствует предъявляемым требованиям и необходимость решения этой проблемы стоит весьма остро. По данным Департамента торговли и промышленности Великобритании при внедрении информационных технологий на предприятиях потери из-за низкого качества только программного обеспечения составляют в среднем 20% от общего объема потерь. По разным оценкам аналогичный показатель в России составляет от 30 до 50%. Несоответствие качества создаваемого изделия предъявляемым к нему требованиям, выявляемое при промежуточном или итоговом контроле, придает процессу создания изделия итеративный характер.

Для решения задачи оценки качества изделий необходимо:

- 1) определить **понятие качества** изделия,
- 2) определить **систему показателей качества** изделия,
- 3) установить **требуемые значения показателей качества** изд-я,
- 4) разработать **методики и модели определения значений показателей качества** изделия,
- 5) разработать **методы и средства достижения требуемого уровня качества** изделия.

Учебный вопрос 1.

Общая характеристика задачи оценки качества АСОИУ.

Понятие качества является центральным при рассмотрении АСОИУ на всех стадиях ее жизненного цикла.

Предложены различные подходы к трактовке этого понятия:

- 1) построение дерева свойств изделия с привязкой к стадиям жизн.цикла,
- 2) выделение свойств изделия по аспектам его применения,
- 3) интеграция свойств изделия и свойств системы управления качеством.

Качество изделия в современном понимании – это:

- 1) совокупность свойств изделия, продукции или услуг, которые позволяют удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности заказчика;
- 2) совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для управления качеством изделия.

При оценке качества создаваемого изделия необходимо учитывать качество используемой разработчиком системы менеджмента (управления) качеством (СМК) изделия. ***Технологию и схемы процессов управления качеством изделия принято называть системной моделью качества изделия.***

Базовые модели качества изделия, принятые на сегодня во всем мире:

группа международных стандартов ISO 9000; модель CMM (Capability Maturity Model -модель зрелости способности); Модель Trillium – оценки качества в телекоммуникационных и инфокоммуникационных системах.

Основным в группе стандартов ISO 9000 считается стандарт ISO 9001, применяемый для предприятий, работающих по полному циклу.

Остальные стандарты фактически являются его усеченными или несколько модифицированными вариантами.

В нашей стране новые версии стандартов ISO введены в действие с 1 января 2013 года и с изменениями от 2015 года:

ГОСТ Р ИСО 9000–2011. Межгосударственный стандарт. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (ISO 9000: 2008).

ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Межгосударственный стандарт. Системы менеджмента качества. Требования (ISO 9001: 2015).

В стандарте **применен процессный подход**, который включает цикл **«Планируй — Делай — Проверьй — Действуй» (PDCA)**, и риск –ориентированное мышление.

Процессный подход позволяет организации планировать свои процессы и их взаимодействие. Реализация цикла PDCA позволяет организации обеспечить ее процессы необходимыми ресурсами, осуществлять их менеджмент, определять и реализовывать возможности для улучшения.

Настоящий стандарт основан на принципах менеджмента качества, описанных в ИСО 9000. Описание включает формулировку каждого принципа и обоснование, почему принцип важен для организации, а также некоторые примеры преимуществ, связанных с принципом, и примеры типичных действий по улучшению результатов деятельности организации при применении принципа.

Принципы менеджмента качества:

- ориентация на потребителя;**
- лидерство;**
- взаимодействие людей;**
- процессный подход;**
- улучшение;**
- принятие решений, основанных на свидетельствах;**
- менеджмент взаимоотношений.**

Общая формулировка задачи оценки качества и её декомпозиция (1)

Задача оценки качества АСОИУ относится к классу задач анализа и формулируется следующим образом.

Дано: назначение, функции, техническая структура, построение программного, информационно и других видов обеспечения, а также условия функционирования АСОИУ.

Требуется: оценить качество АСОИУ по свойствам.

Решение задачи оценки качества предполагает:

определение свойств, представляющих качество АСОИУ;

определение набора показателей, наиболее полно отражающих отдельные свойства АСОИУ;

определение факторов, влияющих на качество АСОИУ;

определение функциональной зависимости между показателями качества АСОИУ и факторами, влияющими на качество;

определение значений показателей качества АСОИУ;

формирование и определение обобщённого показателя качества АСОИУ.

Общая формулировка задачи оценки качества и её декомпозиция (2)

Для решения задачи оценки качества **могут использоваться следующие подходы:**

анalogии, натурные эксперименты, экспертные оценки, математическое моделирование.

Подход на основе аналогий обладает довольно высоким уровнем универсальности и может применяться на всех стадиях создания АСОИУ. Однако следует иметь в виду, что любая аналогия имеет границы применимости. Для применения данного метода требуется прежде всего установить факт аналогичности объекта оценки объекту, показатели качества которого известны. Эта процедура не является формальной.

Натурный эксперимент применим только к существующим АСОИУ. Более того, чтобы его применение было успешным, нужны определенные условия: возможность осуществления внешних воздействий, отсутствие нежелательных последствий при проведении эксперимента, наличие средств фиксации необходимых для оценки данных.

Экспертные оценки не являются строго формальным способом. Любая экспертиза неизбежно несет на себе отпечаток субъективизма.

Математическое моделирование представляется на сегодня наиболее универсальным и приемлемым путем оценки качества АСОИУ. Математические модели основываются на **различном математическом аппарате: математической логике, теории массового обслуживания, теории графов, теории игр.** Для воспроизведения процессов функционирования АСОИУ пользуются аналитическими, статистическими и аналитико-статистическими моделями. При построении моделей могут использоваться базовые показатели качества.

Общая формулировка задачи оценки качества и её декомпозиция (3)



По всем классификационным признакам АСОИУ относится к сложным системам. Соответственно, и задача оценки её качества характеризуется аналогично. **Для решения сложных задач широко используется декомпозиционный подход** – сведение исходной задачи к нескольким более простым задачам. Парадигма, лежащая в его основе, заключается в том, что совокупность решений отдельных подзадач представляет собой приемлемое решение исходной задачи. Декомпозиция в общем случае может быть выполнена неоднозначным образом и определяется составом используемых признаков (оснований) декомпозиции и порядком их применения. Основания для декомпозиции выбираются исходя из определенных представлений о задаче и системе, к которой задача относится. **Для задачи оценки качества АСОИУ основаниями для декомпозиции могут выступать ее свойства (декомпозиция по свойствам), функции (функциональная декомпозиция), структурные компоненты (структурная декомпозиция) и др.** Если одного уровня разбиения исходной задачи окажется недостаточно, возникает необходимость в построении разбиений второго, третьего и последующих уровней – до получения подзадач приемлемой сложности. Многоуровневая декомпозиция позволяет значительно сократить вычислительные затраты на решение сложных задач. Это особенно важно при многовариантных расчетах. Отсутствие в н/время математической теории многоуровневых разбиений затрудняет целенаправленную и обоснованную декомпозицию.

Для объектов АСОИУ основными показателям являются показатели оперативности, надежности, достоверности результатов преобразования данных и безопасности.

2. Оценка оперативности АСОИУ

Оценка качества изделия - это прежде всего получение количественных значений показателей его свойств. *Для объектов АСОИУ основными показателям являются показатели оперативности, надежности, достоверности результатов преобразования данных и безопасности.*

По характеру функционирования АСОИУ может интерпретироваться **стохастической сетью массового обслуживания (СеМО)**, представляющей собой совокупность взаимосвязанных **систем массового обслуживания (СМО)**. СеМО делятся на три типа: **разомкнутые, замкнутые и смешанные.**

В разомкнутой сети заявки на обслуживание поступают от внешних источников и после обслуживания покидают сеть.

В замкнутой сети заявки на обслуживание генерируются внутренними источниками и не покидают сеть после прохождения отдельных СМО, а возвращаются на её вход, вызывая инициализацию новых заявок. Как замкнутая СеМО АСОИУ может рассматриваться в режиме технологического контроля.

Смешанная сеть представляет собой результат комбинирования сетей первых двух типов. В режимах применения по назначению АСОИУ будет являться сетью смешанного типа

Характеристики сетей массового обслуживания

СеМО, описывающую АСОИУ, определяют следующие характеристики:

1) набор СМО $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. В качестве типовых СМО выступают основные компоненты КСА и СПД: ВК (сервер), АРМ, Комплекс средств передачи данных (КСПД), каналы передачи данных (КПД).

2) характеристики каждой СМО (таблицы на слайде). СМО, представляющие элементы АСОИУ, могут быть, как и СеМО, замкнутыми, разомкнутыми и смешанными.

Каждый из компонентов КСА интерпретируется СМО определенного класса:

АРМ - одноканальной СМО с обслуживанием без приоритетов и ограниченной очередью (рис. а);

ВК - одноканальной или многоканальной СМО (зависит от режима функционирования) (рис.б);

КСПД - одноканальной СМО с приоритетным обслуживанием и ограниченной очередью (рис.г);

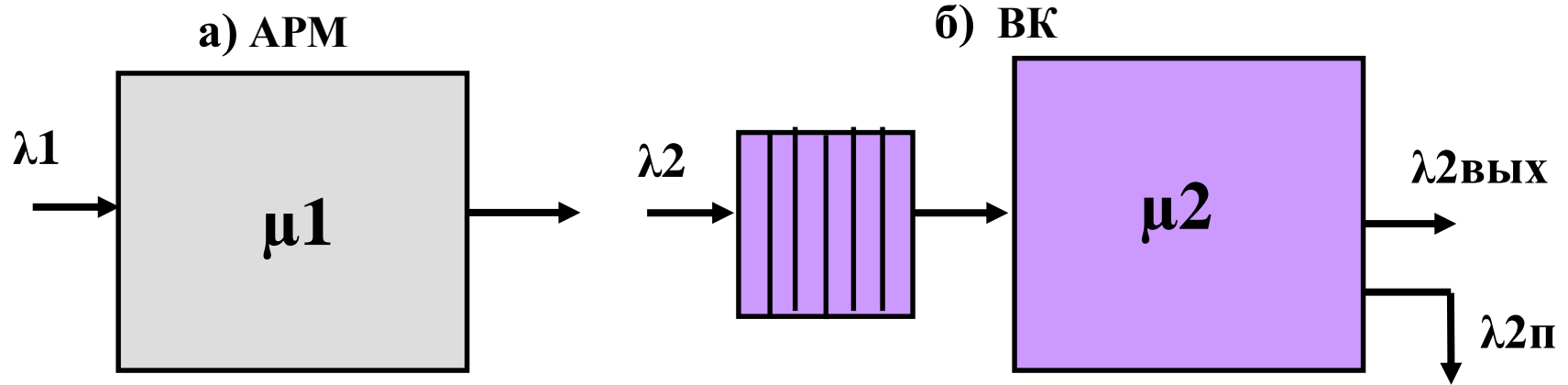
КПД - одноканальной СМО с обслуживанием без приоритетов, без очереди (рис. в). Время обслуживания сообщений в КПД определяется скоростью передачи данных в нём и длиной сообщения: $t = d / (v * k)$,

где d - длина сообщения в битах,

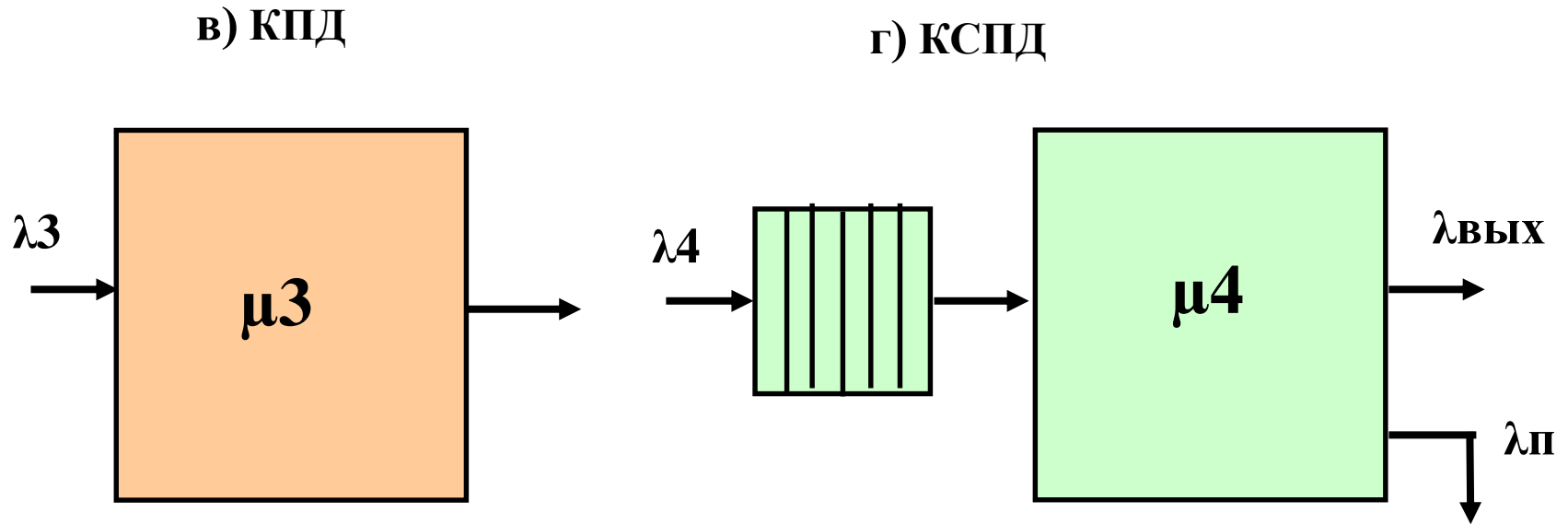
v - скорость модуляции в канале в бит/сек (бодах),

k - коэффициент потерь от введения избыточности и передачи служебных сигналов.

Обозначения типовых компонентов АСОИУ



λ —интенсивность потока заявок; μ —интенсивность обслуживания.



Характеристики типовых компонентов АСОИУ как СМО

Название элемента СМО	АРМ	КСПД	КПД	ВК
Входной поток	Разнородный, случайный	Разнородный, случайный	Разнородный, случайный	Разнородный, случайный
Очередь заявок	Ограниченная	Ограниченная	Без очереди	Неограниченная
Обслуживающая система	Одноканальная однофазная	Многоканальная полностью доступная, однофазная с однотипными каналами	Одноканальная однофазная	Многоканальная однофазная, полностью доступная, с однотипными каналами
Выходной поток	Без потерь	Без потерь	С потерями	С потерями
Интенсивность входного потока				
Дисциплина обслуживания	С приоритетами	С приоритетами	С приоритетами	С приоритетами
Интенсивность обслуживания				

Характеристики сетей массового обслуживания (продолжение)

СеМО, описывающую АСОИУ, определяют следующие характеристики:

3) типы и параметры циркулирующих в АСОИУ сообщений. Исходя из способа обработки обычно выделяют следующие **типы сообщений**:

команды и сигналы (абсолютный приоритет); донесения; запросы (на корректировку информационной базы, на выдачу справок из БД, на решение расчётных задач); сообщения со справочной информацией и результатами решения задач от КСА; технологические сообщения.

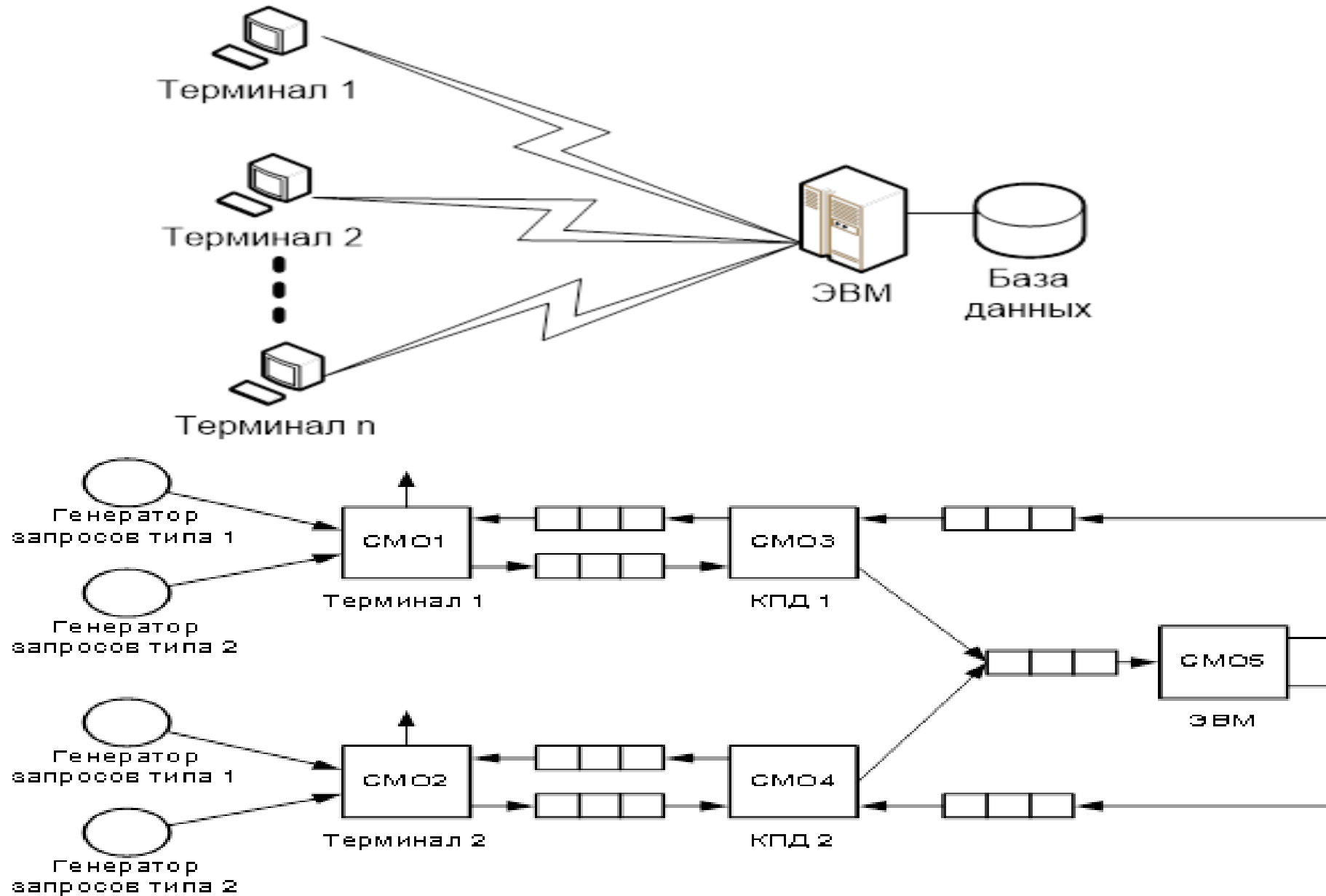
Каждое сообщение определяется набором параметров:

время поступления t_i ; категория срочности k_i , определяющая приоритетность ее обслуживания в СМО сети; тип d ; длина l_i ; адрес отправителя; адрес получателя; код траектории z .

4) матрица вероятностей перехода сообщений из одной СМО в другую $P = \| \| p_{ij} \| \|$, $i, j = 1..n$.

5) число заявок, циркулирующих в замкнутой сети. И другие характеристики.

Реализация структуры «клиент-сервер» в СеМО



3.1. Этапы оценки надёжности систем

Условно задачи исследование надёжности можно подразделить на два типа: **оценка надёжности системы с заданной структурой и параметрами элементов; синтез системы**, т.е. определение рациональной структуры и параметров системы, обеспечивающих заданный уровень надёжности. Задачи анализ более просты в решении, для них разработан достаточно эффективный математический аппарат. Задачи определения рациональных параметров, а тем более, структурный синтез системы по показателям надёжности, не имеют регулярных методов решения, за исключением некоторых простых ситуаций. Часто задачи синтеза решаются путем анализа некоторых возможных вариантов построения системы и выбора из них лучшего. Такой подход не обеспечивает оптимального синтеза, но позволяет выбрать рациональный вариант построения системы. Исследование надёжности системы осуществляется с применением аналитических или имитационных моделей. Общая методология решения задачи по оценке надёжности системы основывается на системном подходе и аналогична другим задачам исследования.

Последовательность решения включает следующие этапы:

1.Формирование постановки задачи.

2.Составление модели системы.

3.Исследование модели. Рассмотрим содержание этапов подробнее.

1. Формирование постановки задачи.

Начинается с определения задачи исследования, назначения, места и роли исследуемой системы в старшей системе. Это позволит определить тип системы (восстанавливаемая, невосстанавливаемая), перечень выполняемых функций, состав оцениваемых показателей и требования к ним, условия и режимы функционирования элементов системы. Необходимо учитывать, что сложные условия эксплуатации могут приводить к возрастанию интенсивности отказов элементов на порядок или даже выше по сравнению с обычной ситуацией.

Определение количественных показателей надежности системы во многих случаях не является самоцелью, а помогает выявить слабые места и определить пути и средства повышения надежности.

2. Составление модели системы.

Наличие сведений о надежности изделий являются основой выделения элементов системы. По каждому элементу производится обоснование исходных данных по надежности. Сведения по надежности элементов формируются на основе данных изготовителей изделий, а для вновь создаваемых объектов с учетом уровня надежности отечественных и зарубежных аналогов (прототипов), экономических и других факторов.

Модель надежности системы должна связать параметры надежности элементов с показателями надежности системы в целом или ее подсистем. Для этого **необходимо:**

составить перечень функций изделия;

для каждой функции определить реализующую ее систему, т.е. перечень элементов и их взаимосвязи;

формализовать понятие отказа элемента и системы;

выбрать способ описания условий работоспособности системы;

составить описание, раскрывающее логику возникновения отказов системы при нарушениях работоспособности элементов.

Составленное описание условий работоспособности является основой для формирования расчетных соотношений по оценке надежности. Именно расчетные соотношения по оценке показателей надежности системы являются моделью надежности системы.

Существует несколько методов расчета надежности систем со структурной избыточностью, к числу наиболее употребительных относятся *вероятностный* и *логико-вероятностный*.

Вероятностный метод расчета применяется для простых систем, а логико-вероятностный для оценки надежности сложных объектов. Свои методы применяются при исследовании надежности систем с временным резервом.

3. Исследование модели.

Исследование модели предполагает:

вычисление значений показателей надежности для различных вариантов исходных данных, касающихся параметров элементов и структуры системы, условий функционирования. Оценку надежности выполняют обычно для стационарного режима работы системы. Однако следует учитывать, что в реальных условиях стационарность может быть нарушена изменениями окружающей среды, заменой программного обеспечения, сменой пользователей и обслуживающего персонала или изменением их свойств. Подобного рода изменения учитываются введением поправочных коэффициентов к показателям надежности элементов;

анализ влияния элементов на надежность системы, выявление элементов, оказывающих наибольшее влияние на надежность;

сопоставление показателей с требуемыми значениями;

анализ влияния допущений и ограничений, принятых при построении модели;

формирование выводов по результатам исследования модели и предложений по повышению надежности системы.

Следует учитывать, что результаты моделирования надежности носят приближенный характер и имеют вероятностную природу. Закономерности будут проявляться только для массовых явлений или при длительном функционировании системы.

3.2. Способы описания условий работоспособности системы

Описание работоспособности определяет условия, при которых система может выполнять заданные функции. Такое описание можно представить в словесном виде, графически и аналитически [2, глава 11, 12, 13].

Словесное описание является вполне очевидным и простым для понимания. Оно применяется на начальных этапах формализации условий работоспособности. Основным недостатком такого описания сложных систем состоит в отсутствии строгости задания взаимосвязей условий работоспособности элементов и системы в целом. Это обстоятельство затрудняет переход от словесного описания к расчетным соотношениям. Кроме того, оно обычно характеризуется громоздкостью и может не обеспечивать однозначности понимания условий. Для простых систем при наличии опыта такого описания бывает достаточно для перехода к построению расчетных соотношений.

Графическое описание представляет собой надежностьную схему (граф), отражающую связь работоспособных состояний элементов и системы в целом. Графическое представление должно определять логику возникновения отказов и восстановлений в системе, т.е. оно представляет логику связей между событиями "отказ" или "восстановление" элементов с аналогичными событиями системы.

Графическое описание(2).

Описание такой связи в простых системах основано на выделении одной вершины графа как "источника" информации и другой вершины как "получателя" информации. Каждая вершина соотносится с другими элементами системы. Можно применять ориентированные или неориентированные взвешенные графы. Ветви (ребра) графа характеризуют информационные связи элементов. Система считается работоспособной при наличии хотя бы одного пути между начальной и конечной вершинами. Веса вершин соответствуют показателям надежности элементов.

Однако более часто применяют и другую форму представления графа, когда элементам системы соответствуют не вершины, а ветви, т.е. каждый элемент является двухполюсником. Предполагается, что если элемент работоспособен, то соответствующая ему ветвь обеспечивает соединение вершин графа, иначе данная ветвь отсутствует. В этом случае порядок соединения ветвей отражает логику возникновения системных событий. А определенная совокупность ветвей, определяющая некоторую работоспособную конфигурацию системы, должна соответствовать пути, который соединяет источник и получатель информации. Построенный по этим правилам граф позволяет перечислить все пути между источником и получателем, т.е. определить все работоспособные конфигурации системы.

В многофункциональных системах строят отдельный граф для каждой функции или единый граф с несколькими источниками и получателями.

Графическое представление не всегда в полной мере отражает логику возникновения отказов. Так в сложных системах практически **невозможно графически отразить некоторые существенные компоненты логики работы системы:**

ограничения на применение некоторых путей. Такие ограничения могут быть связаны с "длиной" пути, правилами доступа к информации, особенностями алгоритмов оповещения о состоянии элементов и управления передачей информацией в вычислительных сетях и т.п.;

взаимозависимость надежности элементов.

Графическое представление является наглядным для относительно несложных систем, но неполным и неоднозначным. Поэтому это представление должно дополняться словесным описанием особенностей в проявлении работоспособности системы.

Аналитическое описание условий работоспособности проводится с применением алгебры логики. Такое описание является строгим и однозначным, но менее наглядным и более сложным по сравнению с ранее рассмотренными. Именно его применяют как основу построения расчетных соотношений для оценки надежности сложных систем. Сущность аналитического описания условий работоспособности будет рассмотрена при описании моделей сложных систем.

Учитывая особенности способов описания систем, целесообразно их совместное применение, что позволит компенсировать недостатки и обеспечит требуемый уровень понимания, наглядности и строгости.

Основными допущениями при составлении вероятностной модели

надежности являются следующие:

каждый элемент и система в целом могут находиться в состоянии полной работоспособности или полного отказа;

состояние системы детерминировано зависит от состояния элементов, т. е. показатель надежности системы является функцией от показателей надежности элементов. Вид функции определяется структурой системы.

Эти положения являются весьма условными для сложных систем с частичной работоспособностью, однако они вполне справедливы при рассмотрении каждой конкретной функции. Модели, построенные на основе перечисленных допущений, имеют ясный физический смысл, строгое аналитическое обоснование и по точности оценки вполне пригодны для инженерной практики.

В нормативных документах для систем электросвязи и автоматизированных систем обработки информации и управления указывается требуемое значение коэффициента готовности и допустимое среднее время восстановления системы [2]. Коэффициент готовности обычно задается не менее 0,99999, среднее время восстановления составляет не более 0,5 ч. В таком случае задача заключается в определении показателей надежности отдельных элементов. Подобные задачи решаются, исходя из принципа равной надежности элементов или распределения надежности по элементам с учетом коэффициентов их сложности.

ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Оценку надежности систем с разветвленной структурой целесообразно осуществлять на основе **логико-вероятностного метода (ЛВМ) или перебора возможных состояний**. Оба этих метода применимы и для простых систем со структурной избыточностью. Специфика ЛВМ заключается в способе описания условий работоспособности системы и в переходе от этих условий к расчетным соотношениям. Введем обозначения состояний:

состояние элемента характеризуется булевой переменной x_i ($i = 1, 2, \dots, n$), где n – количество элементов системы. Полной работоспособности элемента соответствует $x_i = 1$, отказу $x_i = 0$;

состояние системы характеризуется булевой переменной y . В состоянии полной работоспособности $y = 1$, отказа $y = 0$. Состояние системы является функцией $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Эту функцию называют **функцией работоспособности системы (ФРС)** или условием работоспособности, по своей форме она является функцией алгебры логики.

Всякая ФРС, представленная в виде конъюнкции или дизъюнкции без отрицаний переменных, является монотонной. Тожественные преобразования подобной функции не изменяют свойства монотонности. Условие работоспособности системы с монотонной структурой можно записать в виде путей успешного функционирования или минимальных сечений отказов системы.

Кратчайший путь успешного функционирования (КПУФ) системы представляет собой такую конъюнкцию (И) ее элементов, в которой ни один из элементов нельзя изъять, не нарушив условие работоспособности. Иначе говоря, КПУФ описывает один из возможных вариантов выполнения системой исследуемой функции, причем набор элементов является абсолютно необходимым для выполнения задачи. При наличии структурной избыточности в системе количество КПУФ существенно превышает единицу. Различные пути могут содержать одинаковые элементы. ФРС системы представляет собой дизъюнкцию (ИЛИ) КПУФ, т.е. ФРС представляет собой дизъюнктивную нормальную форму. Каждый импликант имеет ясный физический смысл, он соответствует КПУФ.

Минимальное сечение отказов (МСО) системы представляет такую конъюнкцию из отрицаний значений ее элементов, когда ни один из них нельзя изъять, не нарушив условие отказа системы. Иначе говоря, МСО описывает один из возможных вариантов нарушения работоспособности системы с помощью минимального набора отказавших элементов.

Условие работоспособности системы на основе минимальных сечений отказов записывается через конъюнкцию отрицаний МСО.

В общем случае количество кратчайших путей и сечений отказов не совпадает. Оба способа описания ФРС эквиваленты. Выбор конкретного варианта описания является субъективным и зависит от сложности функции. Применение ФРС позволяет учесть структуру системы и ограничения, накладываемые на преобразование данных в системе, например ограничения на применение маршрутов передачи информации.

Исходная ФРС представлена в дизъюнктивной нормальной форме. Преобразованную функцию работоспособности целесообразно тоже представить в дизъюнктивной нормальной форме, но так чтобы все дизъюнкты характеризовали несовместные события. Это означает, что конъюнкции любых пар дизъюнктов должны быть равны нулю. Данное условие можно записать в виде

$$y = y_1 + y_2 + \dots + y_k, \quad \text{где } y_i y_j = 0 \text{ при } i \neq j; \quad i, j = 1, 2, \dots, k.$$

Булева функция, отвечающая этому условию, называется ортогональной, а процедура ее получения ортогонализацией. Существует несколько способов ортогонализации:

1. Применение диаграмм Карно.

2. Преобразование ФРС в совершенную дизъюнктивную нормальную форму (СДНФ).

3. Способ П.С. Порецкого. По теореме П.С. Порецкого булева функция, заданная в дизъюнктивной нормальной форме $y = y_1 + y_2 + \dots + y_k$, имеет ортогональную форму представления

$$y = y_1 + y_1^* y_2 + y_1^* y_2^* y_3 + \dots + y_1^* y_2^* \dots y_{k-1}^* y_k.$$

1. Построение надежной схемы объекта оценки

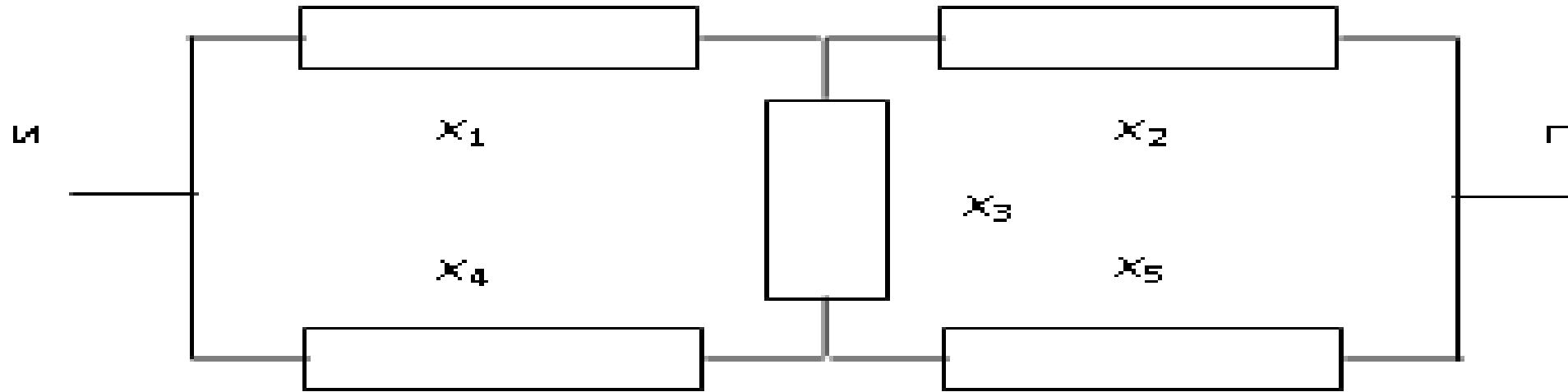


Рис. 4.1. Надежная схема КСА

2. Определение функции работоспособности. Функция алгебры логики (логическая функция), связывающая состояния элементов с состоянием объекта, называется функцией работоспособности. Состоянию каждого элемента надежной схемы ставится в соответствие своя аргументная переменная, а типу соединения друг с другом – своя операция алгебры логики (последовательному – конъюнкция, параллельному – дизъюнкция). Для примера на рис.4.1 обозначено – АРМ1 – x_1 , ЭВМ1 – x_2 , КнПД – x_3 , ЭВМ2 – x_5 , АРМ2 – x_4 ;

Решение. В системе существует четыре КПУФ:

$$y_1 = x_1 x_2 ; y_2 = x_4 x_5 ; y_3 = x_1 x_3 x_5 ; y_4 = x_4 x_3 x_2 .$$

Функция работоспособности системы на основе КПУФ:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = x_1 x_2 + x_4 x_5 + x_1 x_3 x_5 + x_2 x_3 x_4 .$$

3. Определение вероятностей нахождения отдельных элементов надежностной схемы в работоспособном состоянии на заданном интервале времени

При экспоненциальном законе $p_i(t) = \exp(-\lambda_i t) = \exp(-t/T_{0i})$;

$$p(x_1) = 0,9; p(x_2) = 0,99; p(x_3) = 0,98; p(x_4) = 0,95; p(x_5) = 0,94.$$

4. Преобразование функции работоспособности в уравнение работоспособности.

конъюнкция $x_i \wedge x_j = x_i x_j$; дизъюнкция $x_i \vee x_j = x_i + x_j - x_i x_j$;

исключающая дизъюнкция $x_i \vee \vee x_j = x_i + x_j - 2x_i x_j$.

5. Ортогонализация уравнения работоспособности: - метод Порецкого П.С.;

- аналитически (с использованием формул эквивалентного преобразования выражений),

- графически (с использованием карт Карно).

По теореме П.С. Порецкого булева функция, заданная в дизъюнктивной нормальной форме

$$y = y_1 + y_2 + \dots + y_k,$$

имеет ортогональную форму представления

$$y = y_1 + y_1^* y_2 + y_1^* y_2^* y_3 \dots + y_1^* y_2^* \dots y_{k-1}^* y_k . \quad (4.1)$$

Если импликанты y_i исходной функции представляют собой конъюнкции переменных, то их отрицание также следует представить в ортогональной форме, например

$$y_i^* = (x_2 x_3 x_4)^* = x_2^* + x_3^* + x_4^* = x_2^* + x_2 x_3^* + x_2 x_3 x_4^* .$$

Решение. Кратчайшие пути успешного функционирования

$$y_1 = x_1 x_2 ; \quad y_2 = x_4 x_5 ; \quad y_3 = x_1 x_3 x_5 ; \quad y_4 = x_2 x_3 x_4 .$$

Обобщенная ортогональной форма ФРС

$$y = y_1 + y_1^* y_2 + y_1^* y_2^* y_3 + y_1^* y_2^* y_3^* y_4 .$$

Ортогональные формы отрицаний КПУФ

$$y_1^* = (x_1 x_2)^* = x_1^* + x_2^* = x_1^* + x_1 x_2^* ;$$

$$y_2^* = (x_4 x_5)^* = x_4^* + x_5^* = x_4^* + x_4 x_5^* ;$$

$$y_3^* = (x_1 x_3 x_5)^* = x_1^* + x_3^* + x_5^* = x_1^* + x_1 x_3^* + x_1 x_3 x_5^* .$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} y &= x_1 x_2 + (x_1^* + x_1 x_2^*) x_4 x_5 + (x_1^* + x_1 x_2^*) (x_4^* + x_4 x_5^*) x_1 x_3 x_5 + \\ &+ (x_1^* + x_1 x_2^*) (x_4^* + x_4 x_5^*) (x_1^* + x_1 x_3^* + x_1 x_3 x_5^*) x_2 x_3 x_4 = \\ &= x_1 x_2 + x_1^* x_4 x_5 + x_1 x_2^* x_4 x_5 + x_1 x_2^* x_3 x_4^* x_5 + x_1^* x_2 x_3 x_4 x_5^* . \end{aligned}$$

6. Расчет вероятности нахождения объекта в работоспособном состоянии на заданном t

Для последовательных надежностных схем с $p_i(t) = \exp(-\lambda_i t)$:

Решение. В соответствии с правилами записи вероятностная функция имеет вид:

$$\begin{aligned} P_C &= P_1 \cdot P_2 + (1 - P_1) \cdot P_4 \cdot P_5 + P_1 \cdot (1 - P_2) \cdot P_4 \cdot P_5 + \\ &+ P_1 \cdot (1 - P_2) \cdot P_3 \cdot (1 - P_4) \cdot P_5 + (1 - P_1) \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot (1 - P_5) . \end{aligned}$$

Поиск остальных показателей надежности невосстанавливаемых систем осуществляется аналогично вероятностному методу. Для восстанавливаемых систем с неограниченным восстановлением по рассмотренной методике производится расчет коэффициента готовности, аналитическое определение других показателей вызывает принципиальные трудности.

Этот численный метод основан на тех же допущениях, что и рассмотренный ЛВМ. Т.е. система в каждый момент времени находится в одном из 2^n возможных состояний, где n – количество элементов. Каждому состоянию системы соответствует своя совокупность состояний элементов. Множество состояний системы является несовместным и составляет полную группу событий. Сумма вероятностей таких состояний равна 1. **Состояние невозстанавливаемой системы можно представить n -разрядным двоичным числом $x_1 x_2 \dots x_n$** , каждый разряд которого отображает состояние работоспособности соответствующего элемента: $x_i = 1$ соответствует работоспособности элемента i ($i = 1, 2, \dots, n$); $x_i = 0$ – отказу элемента. Для системы, состоящей из независимых по надежности элементов, вероятность нахождения в конкретном состоянии определяется произведением вероятностей работоспособности элементов ($x_i = 1$) или отказа ($x_i = 0$) в соответствии с кодом двоичного числа. При известном критерии работоспособности системы, например заданном в виде КПУФ, все ее состояния делятся на два подмножества – работоспособные и состояния отказа. Чтобы определить вероятность безотказной работы следует просуммировать все вероятности, относящиеся к состоянию работоспособности системы. Метод подходит и для вычисления коэффициента готовности восстанавливаемых систем с неограниченным восстановлением. Метод перебора состояний очень просто формализуется, не требует сложных преобразований и вычислений. Результаты оценки показателей надежности полностью совпадают с аналогичными результатами, полученными на основе ЛВМ.

Дано: множество значений $\{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n\}$ случайной величины X (наработка на отказ, время восстановления).

Найти: выборочные числовые характеристики (математическое ожидание, дисперсию, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса) и подходящее теоретическое распределение случайной величины X .

1. Определение выборочных числовых характеристик случайной величины X

1.1. Математическое ожидание $m[X] = 1/n \sum x_j$

1.2. Дисперсия $\sigma^2[X] = 1/n \sum (x_j - m[X])^2$

1.3. Коэффициент асимметрии $b_1 = m_3[X] / \sigma^3[X]$

1.4. Коэффициент эксцесса $b_2 = m_4[X] / \sigma^4[X]$

2. Определение подходящего теоретического распределения случайной величины X

2.1. Построение по выборке X статистического ряда и гистограммы

2.1.1. Обработка выборки X : $X_0 = \{x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}\}, x_{10} \leq x_{20} \leq \dots \leq x_{n0}, n_0 \leq n$

2.1.2. Расчет числа разрядов гистограммы $K = \text{ent}(3,3 \lg n) + 1$

2.1.3. Вычисление длины разряда (шага) гистограммы $\Delta x = (x_{\max} - x_{\min}) / K$

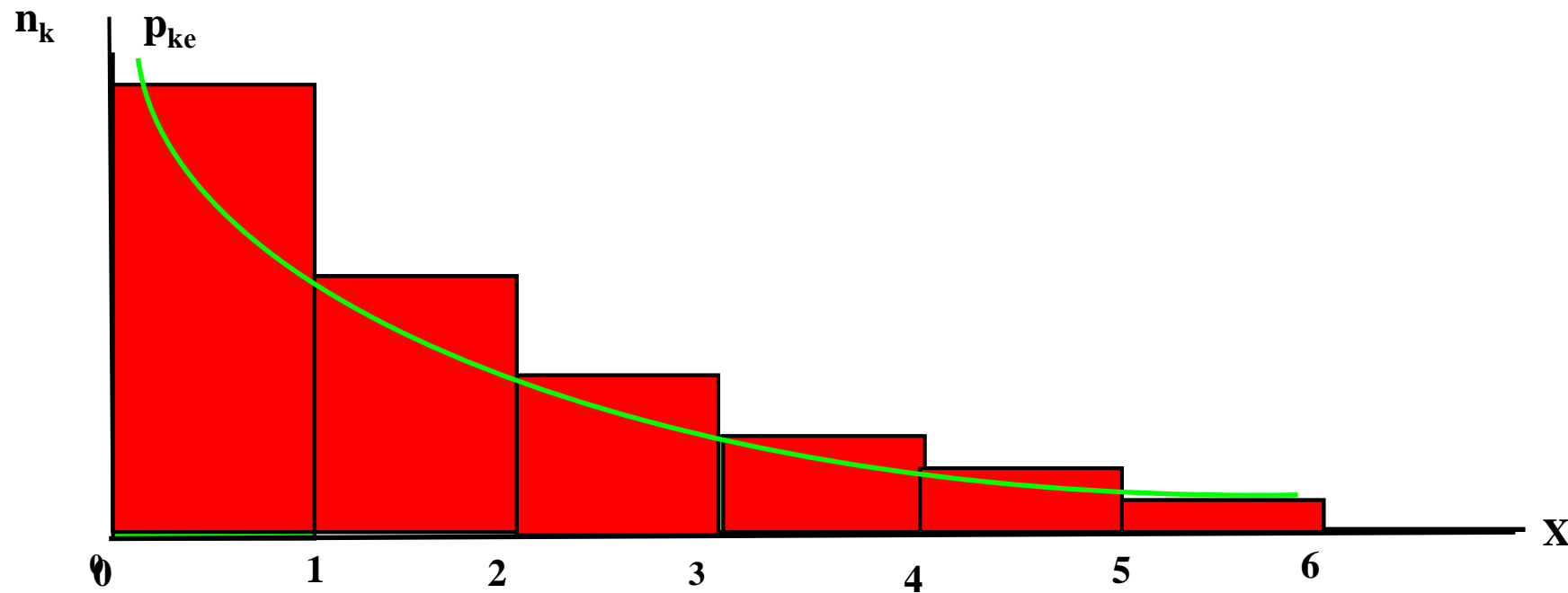
2.1.4. Подсчет числа значений X , попавших в каждый из разрядов гистограммы $n_k, k = 1, 2, \dots, K; \sum n_k = n$

2.1.5. Нахождение частот попадания значений случайной величины X в разряды гистограммы $p_k = n_k / n, k = 1, 2, \dots, K$ (которые и составляют статистический ряд)

2.1.6. Вычисление значений эмпирической плотности распределения случайной величины X в разрядах $p_{ke} = p_k / \Delta x$

2.1.7. Построение графика кусочно-линейной функции $p_{ke} = f(X, L, \Delta x)$, представляющего гистограмму.

Оценка надежности по данным эксплуатации (2)



2.2. Выдвижение по виду построенного графика гипотезы о законе распределения случайной величины X.

2.3. Проверка верности гипотезы о соответствии опытного и теоретического распределений.

2.3.1. Расчет значения критерия Пирсона $\chi^2 = \sum (n_k - p_{kt} n)^2 / p_{ke} n$,

где p_{kt} – теоретическая вероятность попадания случайной величины X в k-ый разряд гистограммы для предполагаемого теоретического распределения.

2.3.2. Расчет критерия Романовского $R = |\chi^2 - r| / \sqrt{2r}$, где $r = l-1$

2.3.3. Оценка гипотезы: $R \geq 3$ – гипотеза неверна. Переход к п. 2.2. $R < 3$ – гипотеза верна.

Задание на самостоятельную работу

Подготовиться к следующим занятиям по материалам лекций.

Контрольные вопросы. Раскрыть понятие качества изделия в современной трактовке.

Сформулировать постановку задачи по оценке качества АСОИУ и определить подходы к ее решению.

Дать характеристику сети МО, описывающей АСОИУ.

Привести и пояснить допущения, вводимые при оценке оперативности АСОИУ с использованием модели СеМО.

Дать характеристику системы показателей надежности АСОИУ.

Пояснить модель работоспособности однофункциональных объектов.

Раскрыть подходы к оценке надежности многофункциональных объектов.

Представить этапы оценки надежности АСОИУ логико-вероятностным методом.

Продолжить подготовку и сдачу лабораторных работ, а затем и подготовку к экзамену.