

## ЛЕКЦИЯ

по дисциплине «Эффективность и качество СПиОД»

### Лекция №6. Оценка качества СПиОД (5час.)

#### I. Учебные цели

1. Раскрыть концептуальные и методологические основы оценки качества СПиОД

#### II. Воспитательные цели

1. Формировать стремление к овладению методологией оценки качества СПиОД

#### III. Расчет учебного времени

Содержание и порядок проведения лекции	Время, мин
Вступительная часть	5
Основная часть Введение Учебные вопросы: 1. Концептуальные основы оценки качества СПиОД. 2. Нормативные и руководящие документы по оценке эффективности и качества СПОД. 3. Методики оценки качества СПОД. Оценка оперативности СПиОД. Оценка надежности СПиОД. Оценка достоверности результатов преобразования данных в СПОД. 4. Пути повышения эффективности при проектировании и производстве изделий. Факторы, влияющие на эффективности в процессе эксплуатации. Перспективы развития методов оценки показателей эффективности и качества СПОД.	215
Заключение	
Заключительная часть	5

#### IV. Литература

Основная: - 2, 5, 6.

Дополнительная -

#### V. Учебно-материальное обеспечение

1. Наглядные пособия: презентация
2. Технические средства обучения: ПЭВМ, видеопроектор
3. Раздаточный материал: файл с материалами занятия

## VI. Текст лекции

### Введение

На сегодняшний день качество создаваемых систем автоматизации различного назначения 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 проблемы качества изделий необходимо:

- определить понятие качества изделия,
- определить систему показателей качества изделия,
- установить требуемые значения показателей качества изделия,
- разработать методики определения значений показателей качества изделия,
- разработать методы и средства достижения требуемого уровня качества изделия.

В этом комплексе задач анализа и синтеза важную роль играет задача определения значений показателей качества изделия (оценка качества изделия). Она подлежит решению на каждой стадии создания изделия.

### 1. Концептуальные основы оценки качества СПиОД

#### 1.1. Понятие качества СПиОД

Понятие качества является центральным при рассмотрении СПиОД на всех стадиях ее жизненного цикла. Попытки формального определения качества промышленных изделий осуществлялись на всем историческом периоде промышленного производства. Предложены различные подходы к трактовке этого понятия:

- ◆ построение дерева свойств изделия с привязкой к стадиям жизненного цикла,
- ◆ выделение свойств изделия по аспектам его применения,
- ◆ интеграция свойств изделия и свойств системы управления качеством (под которой понимается совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для управления качеством).

Качество изделия в современном понимании – это совокупность свойств изделия, определяющих, насколько хорошо и как долго разработанное изделие отвечает требованиям заказчика. При оценке качества создаваемого изделия необходимо учитывать качество используемой разработчиком системы управления качеством изделия. Технологию и схемы процессов управления качеством изделия принято называть системной моделью качества изделия.

Базовыми моделями качества изделия, принятыми на сегодня практически во всем мире, являются:

- группа международных стандартов ISO 9000,
- модель CMM (Capability Maturity Model -модель зрелости способности),
- Модель Trillium.

*Группа стандартов ISO 9000*, разработанная техническим комитетом ISO/ТК 176, включает:

- ISO 9000-1 (1994 г.). Управление качеством и гарантии качества. Часть 1. Руководство по выбору и использованию;
- ISO 9000-2 (1993 г.). Управление качеством и гарантии качества. Часть 2. Общее руководство по применению стандартов ISO 9001; ISO 9002 и ISO 9003;
- ISO 9000-3 (1991 г.). Управление качеством и гарантии качества. Часть 3. Руководство по применению стандарта ISO 9001 при разработке, установке и сопровождении программного обеспечения;
- ISO 9000-4 (1993 г.). Управление качеством и гарантии качества. Часть 4. Руководство по управлению надежностью программ;

- ISO 9001 (1994 г.). Системная модель качества для процессов проектирования, разработки, производства, установки и обслуживания;
- ISO 9002 (1994 г.). Системная модель качества для процессов проверки качества проектирования, установки и обслуживания;
- ISO 9003 (1993 г.). Системная модель качества для процессов проверки качества при окончательном тестировании;

Совместно с группой ISO 9000 используются также стандарты по качеству продукции общего характера:

- ISO 10011 (1990-1991 гг.). Руководство по аудиту качества систем. Части 1, 2, 3;
- ISO 8402 (1994 г.). Управление качеством и гарантии качества. Словарь терминов (качество объекта определяется как совокупность характеристик, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности).

Область распространения требований стандартов определяется видом производимой продукции и составом цикла ее производства на предприятии (таблица 1).

Таблица 1 - Применение стандартов ИСО 9000

Вид производимой продукции	Состав цикла выпуска продукции	Название стандартов на систему качества
Изделия	Полный цикл (от разработки до сервиса изделия)	ISO 9001
	Цикл не включает разработку и сервис изделий	ISO 9002
	Производятся только испытания изделий	ISO 9003
Сырье и полуфабрикаты	Не зависит от цикла	ISO 9004-3
Услуги (юридические, транспортные, финансовые, образовательные, бытовые, торговые и т.д.)	Не зависит от цикла	ISO 9004-2
Интеллектуальные продукты (программное обеспечение, результаты научных исследований, методики и т.д.)	Полный цикл	ISO 9001 с дополнениями ISO 9000-3
	Неполный цикл	ISO 9002 с дополнениями ISO 9000-3 или ISO 9004-2
Любая продукция	Не зависит от цикла	ISO 8402, 9000-1, 9000-2, 9004-1, 9004-5, 1011, 1012, 1013

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 1996 году стандарты ISO 9001-9003 были приняты у нас как ГОСТ Р ИСО 9001-96, 9002-96 и 9003-96.

Модель CMM, разработанная институтом Software Engineering Institute (SEI) совместно с Университетом Корнеги-Меллона (1991 г), применяется в основном компаниями США, разрабатывающими программное обеспечение. Согласно этой модели процесс разработки программного обеспечения рассматривается с позиции определенных уровней зрелости (maturity levels), характеризующих определенную степень качества выпускаемых изделий (таблица 2). Чем выше уровень зрелости компании, тем выше ее статус и авторитет в компьютерных кругах и в глазах

пользователей. На первом уровне каждый проект выступает как абсолютно новая задача, на последнем – все действия по реализации проекта заранее расписаны и происходит их постоянное усовершенствование.

Таблица 2 - Уровни управления качеством СММ

Название уровня	Качественная характеристика уровня по СММ
Начальный (initial)	Процесс разработки носит хаотичный характер. Успех проекта зависит от способностей персонала. Отсутствует стабильная среда разработки и сопровождения. Планы и сроки работ зависят от возникающих проблем.
Повторяемый (repeatable)	Разработка проектов ведется под жестким управлением. Акцент делается на выработку исходных требований, методы оценки и конфигурационный менеджмент. Новые проекты разрабатываются на основе ранее накопленного опыта и стандартов.
Определенный (defined)	Процессы управления и инженерной деятельности полностью документированы, интегрированы в единый технологический поток и контролируются.
Управляемый (managed)	Делаются попытки оценить качество процессов и готовой продукции количественно. Все процессы предсказуемы и укладываются в заранее определенные рамки.
Оптимизируемый (optimizable)	Деятельность фирмы строится на основе количественных критериев. Основное место в ней занимают производство и внедрение полностью отлаженных разработок.

Каждый уровень СММ характеризуется *областью ключевых процессов (ОКП)*, представляющей собой совокупность взаимосвязанных процессов, совместное выполнение которых приводит к достижению определенного набора целей. При достижении всех целей в рамках ОКП организация соответствует данному уровню СММ, в противном случае - нет.

В ОКП включаются не все процессы, имеющие отношение к разработке изделия, а только те, которые необходимы для достижения уровня СММ. Выделяют три категории ключевых процессов: *управляющие (Management)*, *организационные (Organization)* и *обеспечивающие (Engineering)* (таблица 3).

Таблица 3 - Состав ОКП на уровнях зрелости СММ

Уровень зрелости	Категории процессов		
	Управляющие	Организационные	Обеспечивающие
1. Хаос	Случайные процессы		
2. Контроль	Управление требованиями. Управление субконтрактами. Контроль выполнения проектов. Планирование проектов. Обеспечение качества ПО. Управление		

	конфигурацией.		
3. Начало оптимизации	Общее управление ПО. Координация совместной работы групп.	Организация работ внутри групп. Создание функциональных моделей организационных процессов. Плановое обучение персонала	Проектирование ПО Выявление дефектов на ранних стадиях
4. Управление		Управление изменением технологии. Управление изменением процессов	Предотвращение дефектов
5. Высокая оптимизация	Управление процессами через количественные оценки		Управление качеством ПО

Для каждой ОКП определены общие свойства (Common Features) (рисунок 1): *обязательство выполнить* (Comment to perform); *способность выполнить* (Ability to Perform); *выполняемые действия* (Activities Performed); *измерение и анализ* (Measurement and Analysis); *проверка реализации* (Verifying Implementation). Каждое общее свойство выражается через *ключевые приемы* (*key practice*), описывающие, каким должен стать рабочий процесс (элемент процесса, часть инфраструктуры), но не определяющие способ достижения (конкретные технологии или методики), хотя для некоторых ключевых приемов и даются общие рекомендации. Ключевой прием - это скорее принцип работы, чем конкретные действия. Полное выполнение всех ключевых приемов по всем общим свойствам обеспечивает достижение целей ОКП.

Основным из общих свойств является общее свойство «*Выполняемые действия*». Его ключевые приемы описывают действия, которые необходимо выполнить для достижения целей ОКП. Остальные общие свойства своими ключевыми приемами определяют формальные факторы, делающие процесс частью корпоративной культуры (следование курсу непрерывного улучшения).

Последовательное выполнение общих свойств фактически реализует непрерывное улучшение бизнес-процессов - цикл ВРІ (Business Process Improvement), который действует на каждом уровне СММ.



Рисунок 1 - Цикл непрерывного улучшения бизнес-процесса

Модель СММ близка по заложенным в ней принципам к стандарту ИСО 9001:2000. В таблице 3 проведены параллели между общими свойствами СММ и элементами стандарта ISO 9001:2000.

Таблица 3

Параллели между общими свойствами СММ и элементами стандарта ИСО 9001:2000.

Общие свойства СММ	Элементы ИСО 9001:2000
1. Обязательство вы-полнить	Ответственность руководства
2. Способность выпол-нить	Управление ресурсами
3. Выполняемые дей-ствия	Реализация продукции (частично): 1. Процессы, связанные с потребителем; 2. Проектирование и разработка; 3. Закупки; 4. Деятельность по производству и обслуживанию продукции
4. Измерение и анализ	Измерение, анализ и улучшение (часть 1): 1. Планирование 2. Измерение и мониторинг; 3. Управление несоответствиями; 4. Анализ данных для улучшения
5. Проверка реализации	Измерение, анализ и улучшение (часть 2): Улучшение

Далее детализируется соответствие общего свойства «Выполняемые действия» ОКП второго уровня СММ с элементом «7. Реализация продукции» МС ИСО 9001:2000.

Таблица 4 - Уровни оценки зрелости ОКП «Управление требованиями»

Номер	Качественная характеристика уровня зрелости	%
0	Требования заказчика формулируются и принимаются в устной форме (но ни-где не фиксируются)	0
1	Требования заказчика фиксируются в разрозненных документах; контроль их исполнения не поддерживается	20
2	Ведется диспетчеризация заявок заказчика, стадий их исполнения и уровень удовлетворенности заказчика	40
3	Тесно координируется работа с заказчиком, заказчик интегрируется в процесс разработки изделия	60
4	Накапливаются формализованные знания (метрики) по удовлетворенности за-казчика (для планирования приоритетов)	80
5	В повседневной работе используется система управления знаниями (СУЗ), по-могающая заказчику формировать заявки на создание программных изделий с учетом будущих потребностей	100

*Модель Trillium*, созданная в 1994 г. фирмами Bell Canada, Northern Telecom и Bell-Northern Research, предназначена для оценки процессов выпуска продуктов в телекоммуникационной и информационной областях и охватывает все аспекты жизненного цикла ПО. В ее основу положена СММ, а также ряд других регламентирующих документов и стандартов (ISO 9001 и ISO 9000-3, стандарты Bellcore TR-NWT, значительная часть стандартов Malcolm Baldrige National Quality Award, стандарты IEEE и IEC).

Моделью Trillium охвачены следующие виды деятельности:

- управление качеством (Quality Management);
- проектирование бизнес-процессов (Business Process Engineering);
- оценка технологической зрелости (Technological Maturity Assessment);
- создание сред разработки (Development Environment);

- системное проектирование (System Engineering);
- ко-инжиниринг (Co-Engineering);
- совместное проектирование (Concurrent Engineering); - надежное проектирование (Reliable Engineering);
- поддержка клиентов/партнерство (Customer Support/Partnership).

Уровни зрелости в модели Trillium определены исходя из фактора риска (таблица 5).

Таблица 5 - Уровни управления качеством Trillium

Название уровня	Определение уровня Trillium
Начальный (initial)	Процессу разработки присуща хаотичность. Качество продуктов низкое. Сроки завершения работ нарушаются. Риск высокий.
Повторяемый (repeatable)	Успех проектов обусловлен внедрением системы управления. Особое внимание уделяется выработке исходных требований, конфигурационный менеджменту и оценке качества готовой продукции. Риск средний.
Определенный (defined)	Все производственные процессы определены (хотя допустима их адаптация к проектам), используются в масштабе всей фирмы, полностью контролируются и постоянно совершенствуются. Внедрен стандарт 9001 в части обучения персонала и аудита. Риск невысокий.
Управляемый (managed)	Основным средством повышения качества процессов становятся инструментальные системы. Функции отслеживания изменений и профилактики ошибок встраиваются в процессы. Активно используются CASE-средства. Риск довольно небольшой.
Оптимизируемый (optimizable)	Процесс разработки полностью интегрирован. Широко применяются формализованные методологии. Для хранения истории разработки используется репозиторий (хранилище данных). Риск (минимальный).

Следует отметить, что модели качества не ограничиваются описаниями уровней. В них содержатся нормативные и методологические положения, раскрывающие содержание каждого уровня.

Как видно, стандарты ISO, модели CMM, Trillium и другие не являются стандартами качества продукции и качества производственного процесса – они устанавливают требования к системе управления качеством и являются всего лишь инструментами для непрерывного улучшения деятельности предприятия. Сертификация по стандарту ИСО 9001:2000 и подтверждение сертификата должны способствовать повышению качества процессов организации.

### 1.2. Классы свойств и показателей качества СПиОД.

Все свойства (и соответствующие им показатели) делятся на три класса (таблица 6): пользовательские (потребительские), производственные и пользовательско-производственные.

Таблица 6 - Классификация свойств СПиОД

№	Название класса	Название группы	Название свойства
<b>1. Пользовательские (потребительские) свойства</b>			
1.1	Назначения	Классификационные	Мобильность
			Применимость
		Функциональные	Оперативность
			Достоверность результатов
Эксплуатационные	Ресурсопотребление		
1.2	Надежности	Безотказность	
		Ремонтопригодность	
		Долговечность	
		Сохраняемость	

1.3	Транспортабельности	Оперативность подготовки изделия к транспортированию и его разгрузки	
		Трудоемкость подготовки изделия к к транспортированию и его разгрузки Используемость объема средства транспортирования	
1.4	Эргономические	Гигиенические	Освещенность
			Влажность
			Запыленность
			Токсичность
		Антропометрические	Соответствие размерам тела и его частей
			Соответствие форме тела и его частей
			Распределение веса
		Физиолого-психологические	Реактивность
			Восприимчивость
			Интеллектуальность
			Осязательность
		1.5	Эстетические
	Рациональность формы		
	Целостность композиции		
	Совершенство производственного исполнения		
	Стабильность товарного вида.		
<b>2. Производственные</b>			
2.1	Технологические	Трудоемкость изготовления	
		Сборность	
2	Стандартизации и унификации		
2.3	Патентно-правовые		Возможность реализации средств за рубежом
			Защищенность авторскими свидетельствами и патентами
			Конкурентноспособность
2.4	Метрологические		Точность
			Чувствительность
			Воспроизводимость
			Достоверность результатов контроля
2.5	Безопасности	Электрическая	Электрическая прочность изоляции токоведущих частей
		Механическая	
		Химическая	
		Радиационная	
		Магнитная	
		электромагнитная	
		Термическая	
		Санитарно-гигиеническая	
	Противопожарная		
2.6	Экологические		
<b>3. Экономические</b>			

3.1	Экономичность создания	Материалоемкость	
		Энергоемкость	
		Трудоемкость	
3.2	Экономичность эксплуатации	Материалоемкость	
		Энергоемкость	
		Трудоемкость	
3.3	Экономичность утилизации		

## 1. Пользовательские показатели

**1.1. Показатели назначения** характеризуют те свойства САУВ, которые определяют основные функции, обуславливающие область ее применения.

*Классификационные показатели* характеризуют принадлежность изделия к определенной классификационной группировке изделий по их применению. К классификационным показателям СПиОД относятся, например: звено управления, обеспечиваемый уровень автоматизации управления, вид транспортного средства, подвижность и др.

*Функциональные показатели* определяют полезный эффект, достигаемый при выполнении основных и вспомогательных функций в период эксплуатации СПиОД, а также прогрессивность технических решений, заложенных в ней:

- результативности (оперативности, достоверности, безопасности и т.п.);
- технической эффективности;
- конструктивные (характеризующие удобство монтажа, проектно-конструкторские решения, приспособленность и взаимозаменяемость компонентов изделия).

**1.2. Показатели надежности** определяют свойства:

- *безотказности* – вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ;
  - *ремонтпригодности* – среднее время восстановления, вероятность восстановления;
  - *долговечности* – средний ресурс, назначенный ресурс, средний срок службы, назначенный срок службы;
  - *сохраняемости* - средний срок сохраняемости; гамма-процентный срок сохраняемости
- Обобщенные показатели надежности:

- 1) коэффициент готовности;
- 2) коэффициент оперативной готовности;
- 3) коэффициент технического использования.

**1.3. Показатели транспортабельности** характеризуют приспособленность продукции к транспортировке:

- средняя продолжительность подготовки продукции к транспортированию;
- средняя трудоемкость подготовки продукции к транспортированию;
- средняя продолжительность установки продукции на средство транспортирования определенного вида;
- коэффициент использования объема средства транспортирования;
- средняя продолжительность разгрузки партии продукции из средств транспортирования определенного вида.

**1.4. Эргономические показатели** определяют комплекс свойств, проявляющихся при взаимодействии персонала и эксплуатируемого изделия в человекомашиной системе. Они делятся на ряд подгрупп:

а) гигиенические - определяющие условия жизнедеятельности и работоспособности человека при работе с изделием (уровни освещенности, температуры, влажности, давления, напряженности магнитного и электрических полей, запыленности, излучения, токсичности, шума, вибрации, перегрузок (ускорений)).

б) антропометрические - определяющие соответствие конструкции изделия размерам и форме человеческого тела и его отдельных частей, входящих в контакт с изделием, распределению массы человека (например, расположения клавиш на пульте (;

в) психофизиологические - определяющие соответствие изделия возможностям человека по восприятию и переработке информации (пороги слуха, зрения, тактильного ощущения и

т.п.), силовым и скоростным действиям, а также закреплению и формированию навыков работы (с учетом легкости и быстроты их формирования).

Так, для рабочего места принимается в расчет не только рабочая поза человека и его движения, дыхательные функции, восприятие, мышление, память, но и размеры сидения, параметры инструментов, средства передачи информации и т.д.

Термины и определения по эргономическим показателям качества промышленных изделий установлены ГОСТ 16035-70.

**1.5. Эстетические показатели** (термин «эстетика» произошел от греческого слова «эстетис» - ощущение, чувственное восприятие). определяют совершенство исполнения изделия при его чувственном восприятии (внешнюю форму и вид, дизайн, привлекательность, выразительность, эмоциональность воздействия на потребителя исполнение фирменных знаков, указателей и упаковки, и т.д.)

## **2. Производственные показатели**

**2.1 Технологические показатели** характеризуют эффективность конструкторско-технологических решений по обеспечению высокой производительности труда при изготовлении и ремонте продукции. С помощью этих показателей обеспечивается массовость выпуска продукции, рациональный расход материалов, средств труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации изделий.

К основным показателям технологичности конструкций относятся следующие:

- коэффициент заимствования (межпроектной унификации) частей (компонентов, деталей) изделия

$$k_{\text{заимч}} = \frac{n_{\text{заимч}}}{N_{\text{ч}}}$$

где  $n_{\text{заимч}}$  - число наименований частей (компонентов, деталей), заимствованных для создания изделия из других проектов,

$N_{\text{ч}}$  - общее число наименований частей (компонентов, деталей) в изделии, включая заимствованные и оригинальные.

- коэффициент заимствования (межпроектной унификации) технологий изготовления изделия

$$k_{\text{заимт}} = \frac{n_{\text{заимт}}}{N_{\text{т}}}$$

где  $n_{\text{заимт}}$  - число наименований технологий, заимствованных для создания изделия из других проектов,

$N_{\text{т}}$  - общее число наименований технологий в технологическом процессе изготовления изделия, включая заимствованные и оригинальные.

- коэффициент прогрессивности технологических процессов

$$k_{\text{птп}} = \frac{n_{\text{птп}}}{N_{\text{т}}} = 1 - \frac{n_{\text{заимт}}}{N_{\text{т}}}$$

где  $n_{\text{птп}}$  - число наименований прогрессивных технологий в технологическом процессе изготовления изделия.

Необходимость количественной оценки технологичности изделия, а также номенклатура показателей и методика их определения устанавливаются исходя из его вида, типа производства и стадии разработки конструкторской документации отраслевыми стандартами или руководящими материалами предприятия.

**2.2. Показатели стандартизации и унификации** отражают рациональность номенклатуры частей изделия (насыщенность его стандартными, унифицированными и оригинальными частями). Чем выше процент стандартных и унифицированных частей, тем лучше как для изготовителя продукции, так и для потребителя.

К показателям стандартизации и унификации относятся:

- коэффициент стандартизации изделия

$$k_{\text{см}} = \frac{n_{\text{см}}}{N_{\text{см}}}$$

где  $n_{\text{см}}$  - число наименований частей изделия, выпускаемых по стандартам,

$N_{cm}$  - общее число частей изделия;  
- коэффициент межпроектной унификации изделия

$$k_{yn} = \frac{n_{yn}}{N_u},$$

где  $n_{yn}$  - число наименований унифицированных частей изделия;  
- коэффициент повторяемости частей объекта

$$k_{пч} = \frac{n_{пч}}{N_u},$$

где  $n_{пч}$  - число наименований повторяемых частей изделия.

По результатам исследования влияния уровня унификации изделия на отдельные показатели его качества можно делать соответствующие выводы и находить резервы улучшения этих показателей при условии, что другие показатели не ухудшатся.

**2.3. Патентно-правовые показатели** характеризуют технический уровень и новизну принятых технических решений при разработке изделия:

- степень патентной чистоты;
- степень патентной защищенности.

**2.4. Метрологические показатели** определяют уровень качества измерительных средств изделия (полнота охвата подлежащих измерению параметров, точность, чувствительность, воспроизводимость и др.):

- коэффициент охвата контролируемых параметров;
- погрешность измерения параметров.

**2.5. Показатели безопасности** характеризуют способность изделия обеспечивать безопасность людей и техники при его эксплуатации:

- напряжение пробоя,
  - минимально допустимое сопротивление между токоведущими частями и корпусом;
  - среднее время безопасной работы защитных устройств;
  - минимальную электрическую прочность изоляции токоведущих частей изделия, с которыми возможно соприкосновение человека и др.
- 4

**2.6. Экологические показатели** характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации изделия. Выбор и определение значений данных показателей необходимо производить исходя из требований охраны окружающей среды.

К экологическим показателям относят:

- допустимая интенсивность выброса вредных примесей в среду при хранении, транспортировании, эксплуатации и утилизации продукции;
- вероятность выбросов в окружающую среду вредных частиц, газов, излучений

### **3. Экономические показатели**

Экономические показатели определяют затраты материалов, денежных средств и времени на разработку, производство, эксплуатацию и утилизацию изделия.

#### **1.3. Общая формулировка задачи оценки качества и ее декомпозиция**

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

*Дано:* назначение, функции, техническая структура, построение программного и информационно-лингвистического обеспечений, а также условия функционирования СПиОД.

*Требуется:* оценить качество СПиОД.

Решение задачи оценки качества предполагает:

- ◆ определение системы показателей качества,
- ◆ разработку методик определения значений показателей качества,
- ◆ формирование обобщенного показателя качества.

**1.4. Подходы к решению задачи оценки качества изделий.** Для решения задачи оценки качества могут использоваться следующие подходы:

- аналогии,

- натурные эксперименты,
- экспертные оценки,
- математическое моделирование.

*Подход на основе аналогий* обладает довольно высоким уровнем универсальности и может применяться на всех стадиях создания СПиОД. 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 СПиОД. 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 СПиОД. Математические модели основываются на различном математическом аппарате: математической логике, теории массового обслуживания, теории графов, теории игр. Для воспроизведения процессов функционирования СПиОД используются аналитическими, статистическими и аналитико-статистическими моделями.

При построении моделей могут использоваться так называемые базовые показатели качества:

- 1) показатели качества существующих аналогов оцениваемого изделия ;
- 2) показатели качества гипотетического изделия;
- 3) показатели из нормативных документов (ГОСТ и др.).

Конечная цель оценки качества изготовленного изделия состоит в определении и последующем устранении недостатков (дефектов), появляющихся из-за невозможности точного прогноза результатов, принятых в процессе разработки решений. Оценка качества изделия - это прежде всего получение количественных значений показателей его свойств. Для объектов СПиОД основными показателям являются показатели оперативности, надежности, достоверности результатов преобразования данных и безопасности.

## 2. Оценка оперативности СПиОД

По характеру функционирования СПиОД 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 ее вход, вызывая инициализацию новых заявок. Как замкнутая СеМО СПиОД может рассматриваться в режиме технологического контроля.

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

**СеМО, описывающую СПиОД, 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, АРМ, КСПД, каналы передачи данных (КПД).

2) характеристики каждой СМО (таблицы 6 и 7). СМО, представляющие элементы СПиОД, могут быть, как и СеМО, замкнутыми, разомкнутыми и смешанными.

Каждый из компонентов КСА интерпретируется СМО определенного класса:

- ВК - одноканальной или многоканальной (в зависимости от режима функционирования) СМО с приоритетным обслуживанием, неограниченной очередью и ограниченным временем пребывания заявки в очереди (рисунок 2,а),

- АРМ - одноканальной СМО с обслуживанием без приоритетов и без очереди (рисунок 2б);
- КСПД - одноканальной СМО с приоритетным обслуживанием и ограниченной очередью (рисунок 2в);
- КПД - одноканальной СМО с обслуживанием без приоритетов и без очереди (рисунок 2г). Интенсивность обслуживания сообщений КПД определяется скоростью передачи данных в нем и длиной сообщения

$$t = \frac{d}{vk},$$

где  $d$  - длина сообщения в битах,

$v$  - скорость модуляции в канале в бодах,

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

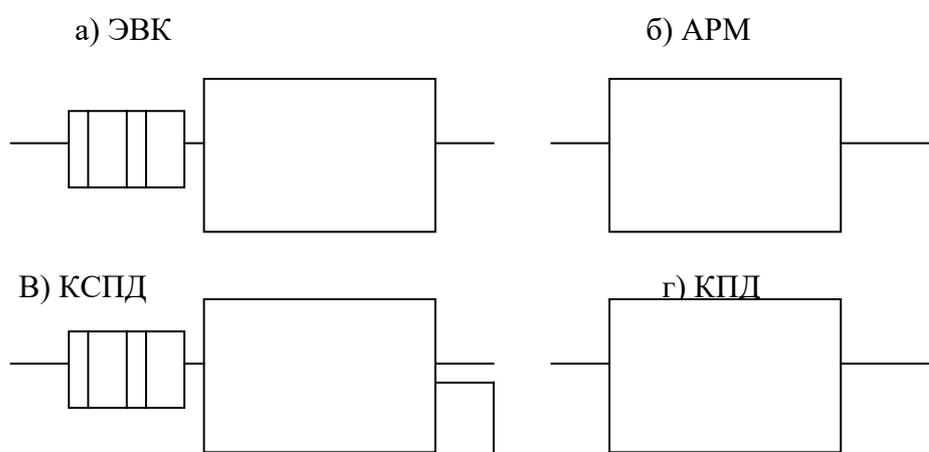


Рисунок 2 – Обозначения типовых компонентов КСА

Сеть массового обслуживания, соответствующая типовому КСА, показана на рисунке 3. АРМ представляются одноканальными СМО без очереди с обслуживанием без приоритетов. Время обслуживания зависит от длины сообщений.

Таблица 6 - Характеристики типовых компонентов СПиОД 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, полнодоступная, однофазная, с однотипными каналами	Одноканальная, однофазная	Многоканальная однофазная, полнодоступная, с однотипными каналами
Выходной поток	Без потерь	Без потерь	С потерями	С потерями
Интенсивность входного потока	$\lambda$	$\lambda$	$\lambda$	$\lambda$
Дисциплина обслуживания	С приоритетами	С приоритетами	С приоритетами	С приоритетами
Интенсивность	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$

обслуживания				
--------------	--	--	--	--

Таблица 7 - Характеристики законов распределения времени обслуживания в компонентах СПиОД

Тип компонента	Вид закона	Математическое ожидание $M(t)$	Дисперсия $D(t)$	Примечание
АРМ (при вводе)	Равномерный	$\frac{(t_{\min} + t_{\max})}{2}$	$\frac{(t_{\max} - t_{\min})^2}{3}$	
АРМ (при выводе)	Экспоненциальный	$t_{\text{обсл}}/(1-\rho) \sim t_{\text{обсл}}$	$t_{\text{обсл}}^2$	$\rho = \lambda t_{\text{обсл}}$ – коэффициент загрузки
КСПД	Экспоненциальный	$\rho t_{\text{обсл}}/(1-\rho)$	$[\rho t_{\text{обсл}}/(1-\rho)]^2$	$t_{\text{преб}}$ определяется КПД
КПД	Экспоненциальный	$t$	$t^2$	
ВК	Бета-распределение	$t_{\text{преб}} = t_{\text{ож}} + t_{\text{обсл}}$ $t_{\text{обсл}} = (3t_{\min} + 2t_{\max})/5$ $t_{\text{ож}} = \rho t_{\text{обсл}} / 1,5(1-\rho)$	$D_{\text{преб}} = D_{\text{ож}} + D_{\text{обсл}}$ $D_{\text{обсл}} = [(t_{\max} - t_{\min})/5]^2$ $D_{\text{ож}} = (3,5\rho^2 + \rho)t_{\text{обсл}}^2 / 6(1-\rho)$	

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

- команды и сигналы;
- донесения;
- запросы (на корректировку информационной базы, выдачу справок, решение задач);
- сообщения со справочной информацией и результатами решения задач от своего КСА;
- технологические сообщения.

Каждое сообщение определяется набором параметров:

- время поступления  $t$ ,
- категория срочности  $k$ , определяющая приоритетность ее обслуживания в СМО сети,
- тип  $d$ ,
- длина  $l$ ,
- адрес отправителя  $tr$ ,
- адрес получателя  $rs$ ,
- 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,

Оценка оперативности представленной таким образом СПиОД может выполняться с применением имитационных и аналитических моделей.

В основу построения имитационных моделей кладется метод статистических испытаний. Чтобы снизить трудозатраты на разработку имитационной модели, используются автоматизированные системы имитационного моделирования, например GPSS, GPSS-PC.

При построении аналитических моделей вводятся определенные допущения:

- 1) Обслуживание заявок в каждой из СМО сети происходит независимо друг от друга;
- 2) Общее время пребывания заявки в СеМО подчиняется нормальному закону.

При данных допущениях согласно центральной предельной теореме закон распределения суммы  $n$  независимых случайных величин с увеличением  $n$  неограниченно приближается к нормальному. В этом случае вероятностно-временные характеристики нахождения заявок в СеМО определяются через математические ожидания и дисперсии времени ее пребывания в каждой из СМО.

Существо определения вероятностно-временных характеристик оперативности функционирования СеМО сводится к следующему:

- 1) Определяются типы заявок на обслуживание  $i$  ( $i = \overline{1, I}$ );

2) Для каждого типа заявки строится своя СеМО<sub>i</sub> (многофазная СМО<sub>i</sub>) с элементами  $e_{ij}$ ,  $i=\overline{1,I}$ ,  $j=\overline{1,J}$ ;

3) Определяются интенсивности поступления заявок на каждый элемент  $e_{ij}$  соответствующей СеМО<sub>i</sub> (СМО<sub>i</sub>)  $\lambda_{ij}$ ;

4) Определяется закон распределения времени пребывания заявок в каждом элементе  $i$  СеМО<sub>i</sub> (каждой фазе СМО<sub>i</sub>)  $z_{ij}$ ;

5) Рассчитываются математические ожидания  $m_{ij}(t)$  и дисперсии  $d_{ij}(t)$ , времени пребывания заявок в каждом элементе  $e_{ij}$  СеМО<sub>i</sub> (СМО<sub>i</sub>);

6) Рассчитываются математические ожидания и дисперсии времени пребывания заявок каждого типа в СеМО (СМО):

$$M_i(t) = \sum_{j=1}^I \sum_{j=1}^J m_{ij}(t),$$

$$D(t) = \sum_{j=1}^I \sum_{j=1}^J d_{ij}(t),$$

7) Определяются вероятности своевременного обслуживания заявок типа

$$p_i(t < T_i) = \Phi[T_i - M_i(t)] / \sigma_i(t),$$

где  $T_i$  - допустимое время пребывания заявок типа в ССМО<sub>i</sub>,

$\Phi$  - функция Лапласа.

Функциональная схема алгоритма оценки оперативности КСА, интерпретированного СеМО, представлена на рисунке 3.

Данный алгоритм обеспечивает получение приближенных решений, так как процессы обслуживания заявок в отдельных элементах СеМО (на отдельных фазах СМО) не являются строго независимыми. Так, время решения задач в ЭВМ зависит, вообще говоря, от времени ввода исходных данных.

### 3. Оценка надежности СПиОД

Из всех частных свойств надежности объекта (безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости) наиболее важным свойством считается безотказность – способность объекта к непрерывному сохранению работоспособности в заданных условиях на заданном интервале эксплуатации. Для однофункциональных объектов, модель работоспособности которых определяется только двумя состояниями - работоспособное и неработоспособное (рисунки 4), показатель безотказности может служить достаточно исчерпывающим показателем их надежности. Иначе обстоит дело с многофункциональными объектами, к числу которых относятся и СПиОД. В них отказ отдельных элементов не приводит к потере работоспособности всего объекта. Применительно к таким объектам используется понятие функциональной надежности. Известны два подхода к ее оценке:

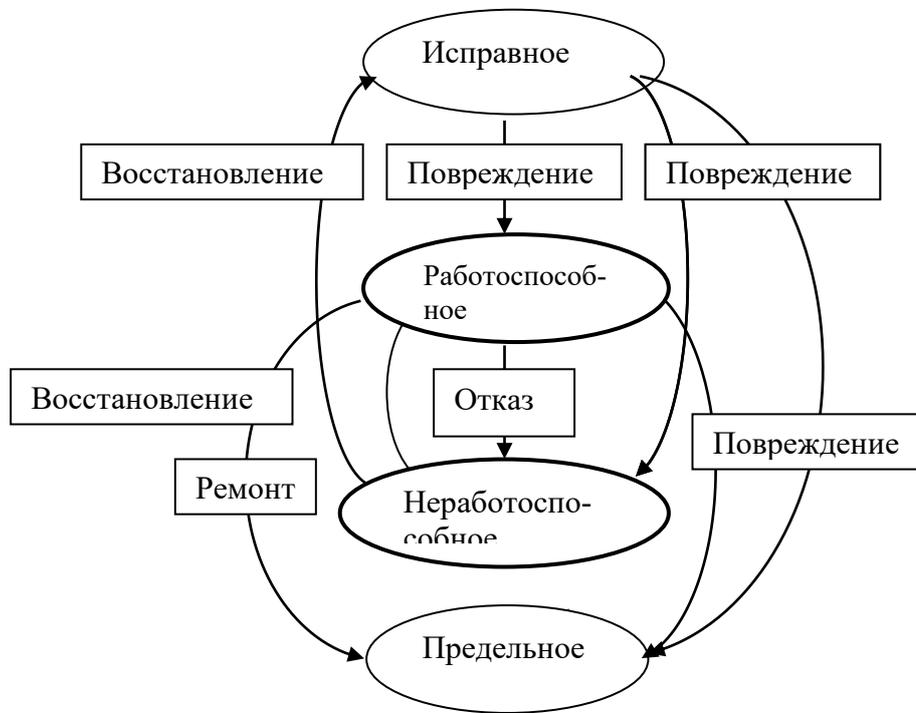


Рисунок - 4. Граф состояний однофункционального объекта

- декомпозиция объекта на функциональные подсистемы (тракты), получение надежных оценок для каждой из них и интегральной оценки за объект в целом (таблица. 8).

Таблица 8 - Состояния многофункционального объекта

Состояние	F1	F2	...	Fj	...	Fn
Исправное	+					
Работоспособное						+
Неработоспособное				+		
Предельное		+				

- разделение пространства состояний объекта на области работоспособности с заданными уровнями качества функционирования  $Q = \{q_i\}$ ,  $i = 1..n$  и оценка надежности по вероятностям попадания объекта в них  $p(q_i(T))$  на заданном интервале времени  $[0, T]$  (рисунок 9).

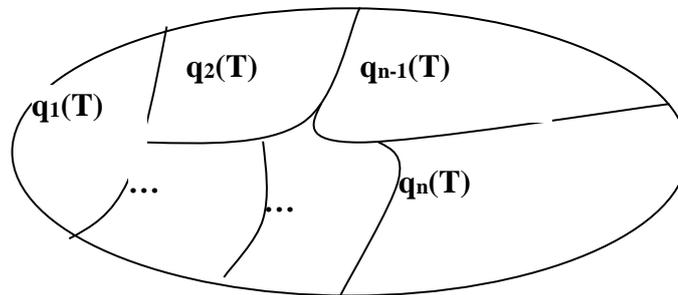


Рис. 9. Области работоспособности объекта

Исходя из степени обеспечения управления для СПиОД можно выделить следующие уровни качества функционирования (рисунок 10):

- 1) управление осуществляется в полном объеме,
- 2) управление затруднено (происходят периодические нарушения в функционировании отдельных трактов),
- 3) управление нарушено (имеет место резкое сокращение объема перерабатываемой информации),
- 4) управление на грани срыва,
- 5) управление сорвано (требуется переход на ручное управление).

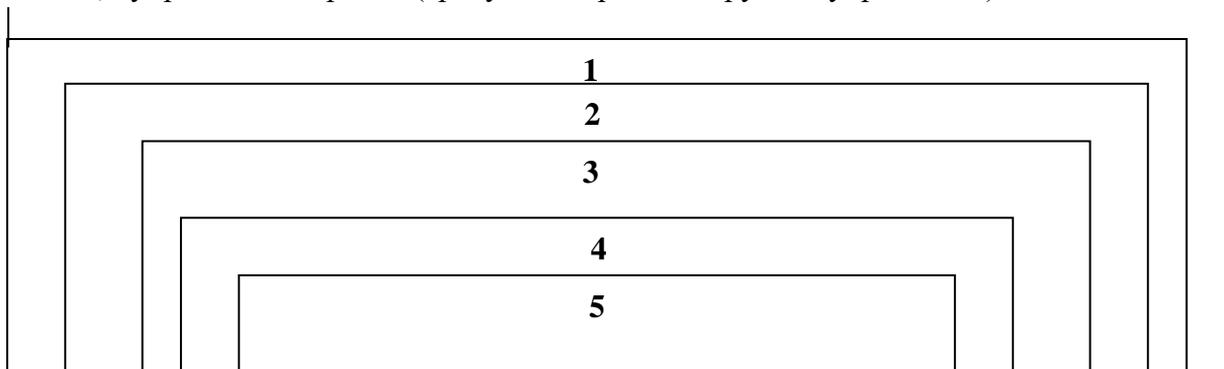


Рисунок 10 - Уровни качества функционирования СПиОД

**3.1. Показатели надежности СПиОД.** Система показателей надежности СПиОД включает (рисунок 11):

- ◆ показатели надежности реализации функций СПиОД,
- ◆ показатели опасности возникновения в СПиОД аварийных ситуаций.



Рисунок 11 - Классификация показателей надежности СПиОД

**Показатели надежности реализации функций СПиОД** делятся на два вида:

- 1) применяемые к непрерывным функциям,
- 2) применяемые к дискретным функциям.

1) Для оценки надежности реализации **непрерывных функций** используются как единичные (определяющие какое-то одно частное свойство), так и комплексные (определяющие несколько частных свойств совместно) показатели. Те и другие могут быть представлены основными и вспомогательными показателями.

❖ **Единичные показатели:**

Показатели безотказности:

основные:

- ◆ средняя наработка на отказ в выполнении функции (средняя наработка на отказ функциональной подсистемы)  **$T_{oi}$** ,
- ◆ вероятность безотказного выполнения функции (вероятность безотказной работы функциональной подсистемы)  **$P_{bo}$** ,

вспомогательные:

- ◆ средняя наработка до отказа в выполнении функции (средняя наработка до отказа в работе функциональной подсистемы)  **$T_n$** ,
- ◆ интенсивность отказов функциональной подсистемы  **$\lambda_i$** ,
- ◆ параметр потока отказов функциональной подсистемы (отношение среднего числа отказов функциональной подсистемы за произвольно малую наработку к этой наработке)  **$\Omega_i$** ,

Показатели ремонтпригодности:

основные:

- ◆ среднее время восстановления функциональной подсистемы  **$T_{vi}$** ,
- ◆ вероятность восстановления функциональной подсистемы за время  $\tau$  -  **$P_{vi}(\tau)$**

Показатели долговечности:

основные:

- ◆ средний ресурс функциональной подсистемы  **$T_{pi}$** ,
- ◆ средний срок службы  **$T_{ssi}$** ,

вспомогательные:

- ◆ гамма-процентный ресурс функциональной подсистемы (наработка, в течение которой функциональная подсистема не достигнет предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах)  **$T_{\gamma pi}$** ,

- ◆ гамма-процентный срок службы (календарная продолжительность от начала эксплуатации функциональной подсистемы, в течение которой функциональная подсистема не достигнет предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах)  **$T_{\gamma ssi}$** ,

Показатели сохраняемости:

основные:

♦ средний срок сохраняемости функциональной подсистемы до ввода в эксплуатацию, функциональной подсистемы  $T_{сi}$ ,

♦ средний срок сохраняемости функциональной подсистемы в период эксплуатации  $T_{сэi}$ ,

вспомогательные:

♦ гамма-процентный срок сохраняемости, достигаемый функциональной подсистемой с заданой вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах, до ввода в эксплуатацию  $T_{\gamma сi}$ ,

♦ гамма-процентный срок сохраняемости, достигаемый функциональной подсистемой с заданой вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах, в период эксплуатации  $T_{\gamma сэi}$ ;

❖ **Комплексные показатели** (безотказности и ремонтпригодности):

основные: -

♦ коэффициент готовности к выполнению функции (вероятность того, что функциональная подсистема работоспособна в момент времени  $t$ )  $K_{гi} = T_{oi} / (T_{oi} + T_{vi})$ ,

♦ коэффициент оперативной готовности к выполнению функции (вероятность того, что функциональная подсистема работоспособна в момент  $t$  и непрерывно сохранит это состояние в течение времени  $t_i$ )

$K_{ori} = K_{гi} \times P_i(t_o > t_i)$ , где  $P_i(t_o > t_i)$  – вероятность безотказной работы функциональной подсистемы на отрезке времени выполнения запроса по функции  $t_i$ ,

♦ коэффициент технического использования функциональной подсистемы

$K_{тi} = t_{нф}(T) / T$ , где  $t_{нф}$  – время нормального функционирования подсистемы на интервале времени  $T$ ,

♦ коэффициент сохранения эффективности функциональной подсистемы  $K_{эfi}$ .

2) Для оценки надежности реализации **дискретных функций** используются только комплексные показатели (основные и вспомогательные):

основной: - вероятность успешного выполнения функциональной подсистемой запроса

$L_i = L_{тсi} \times L_{пoi} \times L_{опi}$ ,

где  $L_{тсi}$  – вероятность успешного функционирования технических средств (в качестве  $L_{тсi}$  может браться  $K_{ог тсi}$  или  $K_{г тсi}$ , когда  $P_i(t_o > t_i)$  близка к единице),

$L_{пoi}$  - вероятность успешного функционирования программных средств,

$L_{опi}$  - вероятность успешного функционирования обслуживающего персонала.

Значение  $L_i$  можно определить статистическим путем как отношение числа успешно выполненных запросов к общему числу запросов на заданном интервале времени.

вспомогательный: - вероятность успешного выполнения функциональной подсистемой  $n$  запросов  $L_i(n)$ .

**Показатели опасности возникновения в СПиОД аварийных ситуаций** представляются основными и вспомогательными комплексными показателями:

основные:

♦ средняя наработка САУ до возникновения в ней аварийной ситуации  $T_{ав}$ ,

♦ вероятность возникновения в системе аварийной ситуации в течение времени  $\tau$  при нормальных условиях функционирования  $Q(\tau)$ ,

♦ вероятность возникновения в системе аварийной ситуации в результате воздействия экстремального фактора  $\Phi_k - Q(\Phi_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, l$

вспомогательные:

♦ вероятность невозникновения в системе аварийной ситуации в течение времени  $\tau$  при нормальных условиях функционирования  $P(\tau)$ ,

♦ вероятность невозникновения в системе аварийной ситуации в результате воздействия экстремального фактора  $\Phi_k - P(\Phi_k)$ .

**3.2. Логико-вероятностный метод (ЛВМ) оценки надежности.** Используемая в методе математическая модель строится с помощью функций алгебры логики. Данные функции могут принимать только два значения и определяются наборами двоичных аргументов

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где  $y, x = \begin{cases} 0 - \text{неработоспособное состояние,} \\ 1 - \text{работоспособное состояние,} \end{cases}$

1 – работоспособное состояние.

Процесс оценки надежности с использованием ЛВМ включает следующие этапы.

**1) Построение надежностной схемы объекта оценки.** Надежностная схема представляет собой последовательное или последовательно-параллельное соединение аппаратных и программно-аппаратных средств автоматизации, образующих тракт преобразования данных (рисунок 12).

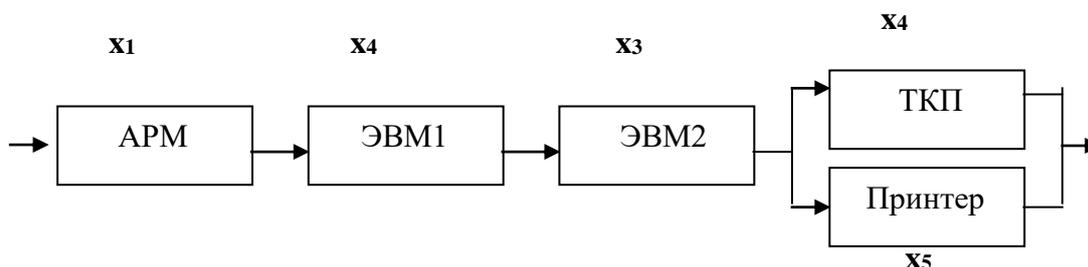


Рисунок 12 - Пример надежностной схемы для КСА

**2) Определение функции работоспособности.** Функция алгебры логики (логическая функция), связывающая состояния элементов с состоянием объекта, называется *функцией работоспособности*. Состоянию каждого элемента надежностной схемы ставится в соответствие своя аргументная переменная, а типу соединения друг с другом – своя операция алгебры логики (последовательному – конъюнкция, параллельному – дизъюнкция).

Для примера на рисунке 12 АРМ –  $x_1$ , ЭВМ1 –  $x_2$ , ЭВМ2 –  $x_3$ , ТКП –  $x_4$ , Принтер –  $x_5$ ;

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge (x_4 \vee x_5)$$

**3) Определение вероятностей нахождения отдельных элементов надежностной схемы в работоспособном состоянии на заданном интервале времени.** Значения вероятности для экспоненциального закона распределения могут быть рассчитаны по формуле

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t} = e^{-t/T_{oi}}$$

Пусть в рассматриваемом примере определены следующие значения вероятностей:

$$p(x_1) = 0,6; p(x_2) = 0,7; p(x_3) = 0,8; p(x_4) = 0,5; p(x_5) = 0,4.$$

**4) Преобразование функции работоспособности в уравнение работоспособности.**

При преобразовании функция работоспособности записывается в символах обычной алгебры с использованием зависимостей вида:

$$x_i \wedge x_j = x_i \times x_j \text{ - конъюнкция}$$

$$x_i \vee x_j = x_i + x_j - x_i \times x_j \text{ - дизъюнкция,}$$

$$x_i \vee\vee x_j = x_i + x_j - 2x_i \times x_j \text{ - исключающая дизъюнкция.}$$

Продолжая пример, получим:

$$y = x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge (x_4 \vee x_5) = (x_1 \times x_2 \times x_3) \wedge (x_4 + x_5 - x_4 \times x_5) = x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_4 + x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_5 -$$

$$x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_4 \times x_5$$

**5) Ортогонализация уравнения работоспособности.** Подстановка вместо аргументных событий  $x_j$  уравнения работоспособности их вероятностей  $p(x_j)$  позволяет найти искомую вероятность. Но замена логических переменных вероятностями возможна при выполнении двух условий:

- отказы последовательно соединенных элементов должны быть независимыми событиями. Тогда  $p(AB) = p(A)p(B)$  (для зависимых событий  $p(AB) = p(A) \cdot p(B/A)$ , где  $p(B/A)$  – условная вероятность события  $B$  (вероятность события  $B$  при условии, что произошло событие  $A$ ). Это условие выполняется, так как отказы независимы.

- отказы параллельно соединенных элементов должны быть несовместными событиями. Тогда  $p(A+B) = p(A)+p(B)$  (для совместных событий  $p(A+B) = p(A)+p(B) - p(A)p(B)$ ). В общем случае слагаемые логической функции, полученной непосредственно из надежностной схемы, не обладают свойством несовместности. Так, в схеме, описываемой функцией  $y = A+B+C+D$ , элементы могут быть исправны в любых сочетаниях, в схеме с функцией  $y = AB + CD$  события  $AB$  и  $CD$  совместны, когда  $AB = 1$  и  $CD = 1$ . Поэтому перед подстановкой вероятностей в логическую функцию и замене знаков дизъюнкции на знаки сложения

она должна быть преобразована таким образом, чтобы все события, объединенные знаком дизъюнкции - дизъюнкты, были несовместными.

Эта процедура, называемая *ортогонализацией*, может выполняться аналитически (с использованием формул эквивалентного преобразования логических выражений) или графически (с использованием диаграмм и таблиц).

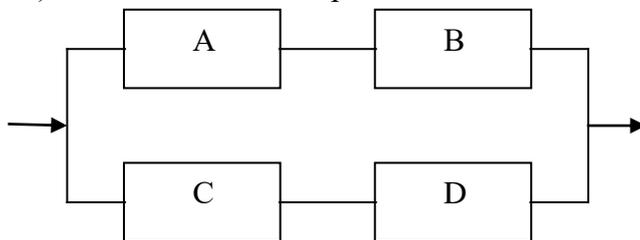
Метод непосредственных преобразований (расчетный метод) основан на использовании операций склеивания, поглощения и развертывания [1, 2] (таблица 9), достаточно трудоемок и используется при числе переменных  $n \leq 3$ .

Таблица 9-Формулы эквивалентного преобразования логических выражений

Номер группы формул	Название группы формул	Формулы
1	Тождества	$x \times 1 = x$
		$x \times 0 = 0$
		$x \times x \times \dots \times x = x$
		$x + 1 = 1$
		$x + 0 = x$
		$x + x + \dots + x = x$
		$x \times \neg x = 0$
		$x + \neg x = 1$
		$\neg \neg x = x$
2	Распределительный закон	$x \times y + x \times z + x \times w = x(y+z+w)$
		$(x+y)(x+z)(x+w) = x+y \times z \times w$
3	Теорема склеивания	$x \times y + x \times y = x$
		$(x+y)(x+\neg y) = x$
4	Теорема поглощения	$x(x+y) = x$
		$x+x \times y = x$
5	Теорема де Моргана	$x \times y \times z \times \dots = \neg(x+y+z+\dots)$
		$\neg(x+y+z+\dots) = x \times y \times z \times \dots$
		$\neg f(x_1, x_2, \dots, x_n, \wedge, \vee) = f(\neg x_1, \neg x_2, \dots, \neg x_n, \vee, \wedge)$

Графические методы обеспечивают выполнение первых двух этапов минимизации ФАЛ. При этом могут использоваться диаграммы Вейтча [9] или модернизированные карты Карно [10]. Практическое применение получили карты Карно как более удобные в обращении и требующие меньших затрат времени (рисунок 13).

а) последовательно-параллельное соединение



$$f = AB + CD$$

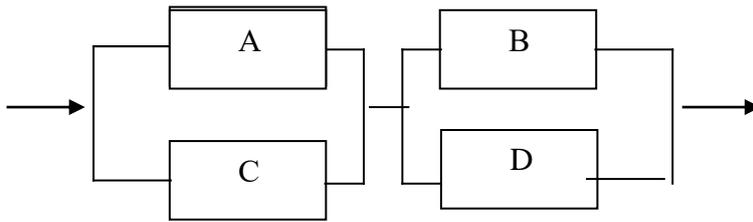
		1	
		1	
1	1	1	1
		1	

A  
B

C D  
20

$$f = AB + \neg ACD + A\neg BCD$$

б) параллельно-последовательное соединение



$$f = (A + C)(B + D) = AB + AD + CB + CD$$

		A	
		B	
		1	
		1	1
1	1	1	1
	1	1	
C	D		

$$f = AB + A\neg BD + \neg ABC + \neg ABCD$$

Рисунок 13 - Ортогонализация по картам Карно

**б) Расчет вероятности нахождения объекта в работоспособном состоянии на заданном интервале времени.** Вместо аргументных событий  $x_j$  в уравнение работоспособности подставляются их вероятности  $p(x_j)$  и находится искомая вероятность.

Для последовательных надежностных схем с  $p_i(t) = e^{-\sum \lambda_i t}$

$$P(t) = \prod p_i(t) = \prod e^{-\lambda_i t} = e^{-\sum \lambda_i t} = e^{-\lambda t}$$

Для параллельных надежностных схем с  $p_i(t) = e^{-\sum \lambda_i t}$

$$T = \int [1 - \prod (1 - e^{-\lambda_i t})] dt.$$

При  $\lambda_i = \text{const} = \lambda$

$$T = 1/\lambda(1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/n).$$

Определим значение вероятности применительно к примеру с КСА

$$P(t) = p(x_1) \times p(x_2) \times p(x_3) \times p(x_4) + p(x_1) \times p(x_2) \times p(x_3) \times p(x_5) - p(x_1) \times p(x_2) \times p(x_3) \times p(x_4) \times p(x_5) = 6 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,5 + 0,6 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,4 - 0,6 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,5 \times 0,4 = 0,1680 + 0,1344 - 0,0672 = 0,2352.$$

Область применения ЛВМ – определение  $p(t)$  и  $T$  для невосстанавливаемых объектов, а также определение  $K_g$  и  $T$  для восстанавливаемых объектов.

**3.3. Оценка надежности по данным эксплуатации.** В процессе подконтрольной, опытной и повседневной (текущей) эксплуатации любой СПиОД осуществляется сбор, накопление и обобщение данных по надежности системы в целом и ее отдельных элементов [253, 254]. Эти данные принято подразделять на первичные, обобщенные и итоговые.

Первичные данные фиксируются должностными лицами обслуживающего персонала в формулярах, аппаратных (технических) журналах, книгах учета ремонта и других эксплуатационных документах. В состав первичных данных входят характеристики отказов, сбоев и профилактических работ:

- время возникновения отказа и его проявление,
- причина возникновения отказа,
- время восстановления отказавшего устройства,
- время возникновения сбоя,
- время восстановления вычислительного процесса,
- продолжительность профилактических работ.

Эти данные периодически подвергаются обработке в соответствии с определенными формами и представляются в организации разработчика, изготовителя и заказчика. Разработчик (или изготовитель) осуществляет обобщение полученных данных по всем экземплярам изделия

за текущий период и все время эксплуатации. Результаты обобщения (обобщенные и итоговые данные) доводятся до всех заинтересованных в них организаций.

Под выборкой понимается часть изучаемой совокупности значений случайной величины, на основе исследования которой получают статистические закономерности, присущие всей совокупности и распространяемые на нее с какой-то вероятностью. Выборка должна быть представительной (репрезентативной) – обладать определенными качественными и количественными характеристиками. Качественные характеристики представительности связаны с содержательным аспектом выборки - определением, являются ли элементы, входящие в выборку, элементами исследуемой совокупности, правильно ли отобраны элементы с точки зрения цели исследования (выборка может быть случайной, направленной или смешанной). Количественные характеристики представительности связаны с определением объема выборки, достаточного для того, чтобы можно было делать выводы о совокупности в целом, уменьшением объема выборки, получаемым на основе свойства эргодичности (путем увеличения длительности статистических испытаний).

Выборку значений случайной величины определяют следующий ряд характеристик.

*Медиана.* Это значение выборки, разбивающее выборку на две равные части. Пятьдесят процентов наблюдений лежит ниже медианы, пятьдесят процентов — выше медианы. Если медиана существенно отличается от среднего, то распределение скошено.

*Мода.* Это значение выборки, наиболее часто встречающееся в ней. Если имеется несколько значений с максимальной частотой, то распределение мультимодально. Если каждое значение встречается лишь один раз, моды нет.

*Геометрическое среднее.* Это произведение всех значений выборки, возведенное в степень  $1/n$  ( $n$  - число наблюдений). Данная характеристика полезна, например, в случае нелинейной шкалы измерений. Вычисление ее значения производится с помощью логарифмического преобразования:  $\log(\text{геометрическое среднее}) = \{a[\log(x_i)]\}/n$ , где  $x_i$  —  $i$ -е значение,  $n$  — число наблюдений. Если выборка содержит отрицательные или нулевые значения, вычислить геометрическое среднее нельзя.

*Гармоническое среднее.* Это Гармоническое среднее (ГС) вычисляется по формуле:  $ГС = n/S(1/x_i)$  где  $n$  — число наблюдений,  $x_i$  — значение наблюдения с номером  $i$ . Гармоническое среднее иногда используют для усреднения частот. Если выборка содержит нуль (0), вычислить гармоническое среднее нельзя.

*Дисперсия и стандартное отклонение.* Это наиболее часто используемые характеристики изменчивости (вариации) данных. Дисперсия определяется как сумма квадратов отклонений значений переменной от выборочного среднего, деленная на  $n-1$  (но не на  $n$ ). Стандартное отклонение вычисляется как корень квадратный из дисперсии.

*Размах.* Это характеристика изменчивости переменной, вычисляемая как разность между максимальным и минимальным значениями выборки.

*Квартильный размах.* Это разность верхнего и нижнего квартилей (верхний квартиль — значение выборки, слева от которого находятся 75% наблюдений, нижняя квартиль — значение, слева от которого находится 25% наблюдений). Квартильный размах представляет собой интервал вокруг медианы, содержащий 50% наблюдений (значений выборки).

*Асимметрия.* Это характеристика скошенности формы распределения. Распределение скошено влево, если значение асимметрии отрицательно. Распределение скошено вправо, если асимметрия положительна. Асимметрия стандартного нормального распределения равна 0. Асимметрия связана с третьим моментом и определяется как:  $\text{асимметрия} = n \times M^3 / [(n-1) \times (n-2) \times s^3]$ , где  $M^3$  равно:  $\sum (x_i - \text{х-среднее}_x)^3$ ,  $s^3$  — стандартное отклонение, возведенное в третью степень,  $n$  — число наблюдений.

*Эксцесс.* Это характеристика остроты пика формы распределения относительно нормального распределения (эксцесс которого равен 0). Как правило, распределения с более острым пиком, чем у нормального, имеют положительный эксцесс; распределения с менее острым - отрицательный эксцесс. Эксцесс связан с четвертым моментом и определяется формулой:

$\text{эксцесс} = [n \times (n+1) \times M^4 - 3 \times M^2 \times M^2 \times (n-1)] / [(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times s^4]$ , где  $M_j$  равно:  $\sum (x - \text{х-среднее}_x)^j$ ,  $s^4$  — стандартное отклонение в четвертой степени,  $n$  — число наблюдений.

Оценка надежности изделия по данным эксплуатации включает два этапа.

1. Определение выборочных числовых характеристик (начальных и центральных моментов) случайной величины  $X$  (наработки на отказ, времени восстановления) по значениям выборки  $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n$  конечного объема  $n$  из генеральной совокупности значений.

Выборочные моменты порядка  $r$  определяются как функции от выборочных значений случайной величины  $X$ :

- начальные -  $\alpha_r [X] = 1/n \sum x_j^r$ ,
- центральные  $\mu_r [X] = 1/n \sum (x_j - \alpha_j [X])^r$ ,

Из них наиболее часто используемыми являются:

- математическое ожидание  $\alpha [X] = m [X] = 1/n \sum x_j$ ,
- дисперсия  $\mu_2 [X] = D [X] = \sigma^2 [X] = 1/n \sum (x_j - m_j [X])^2$ ,
- коэффициент асимметрии  $b_1 = m_3 [X] / \sigma^3 [X]$
- коэффициент эксцесса  $b_2 = m_4 [X] / \sigma^4 [X]$

2. Определение подходящего теоретического распределения случайной величины  $X$ . Для этого строится статистический ряд по выборке значений случайной величины  $X$  и гистограмма, выдвигается гипотеза о законе распределения случайной величины  $X$  и проверяется согласованность с ним эмпирической выборки.

2.1. Построение статистического ряда и гистограммы:

- выполняется обработка выборки  $X_0 = \{x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}\}$ ,  $x_{10} \leq x_{20} \leq \dots \leq x_{n0}$ ,  $n_0 \leq n$
- вычисляется число разрядов гистограммы  $l = \text{ent}(3,3 \lg n) + 1$ ;
- находится длина разряда гистограммы  $\Delta x = (x_{\max} - x_{\min}) / l$ ;
- определяются числа значений  $X$ , попавших в каждый из разрядов гистограммы  $n_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, l$ ;  $\sum n_k = n$ ;
- подсчитываются частоты попадания значений случайной величины  $X$  в разряды  $p_k = n_k / n$ ,  $k = 1, 2, \dots, l$   $p_k$ , которые и составляют статистический ряд по выборке значений случайной величины  $X$ ;
- определяются значения эмпирической плотности распределения случайной величины  $X$  в разрядах  $p_{ke} = p_k / \Delta x$ ;
- строится график кусочно-линейной функции  $p_e = f(X, l, \Delta x)$ , представляющий гистограмму;

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

2.3. Проверка соответствия опытного и теоретического распределений. Для проверки на согласие с выдвинутой гипотезой о законе распределения используются следующие критерии согласия:

- Пирсона ( $\chi^2$ ),
- Ястремского,
- Романовского,
- Бернштейна,
- Колмогорова-Смирнова.

В практике оценки наибольшее распространение получили критерий Пирсона и критерий Романовского. Сначала рассчитывается значение критерия Пирсона

$$\chi^2 = \sum (n_k - n p_{ke})^2 / p_{ke} n,$$

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

Величина  $\chi^2$  является случайной величиной. Ее распределение табулировано для различных значений  $r = l - 1$  и по таблице можно определить, с какой вероятностью для заданного значения  $r$  величина превзойдет  $\chi^2$ .

После расчета  $\chi^2$  по критерию Романовского проверяется верность гипотезы

$$R = l \chi^2 - r l / \sqrt{2r}$$

$R < 3$  – гипотеза верна,

$R \geq 3$  – гипотеза неверна.

Если при проверке верности гипотезы получен отрицательный результат, выдвигается новая гипотеза.

## 4. Оценка достоверности результатов преобразования данных в СПиОД

### 4.1. Показатели оценки достоверности результатов преобразования данных в СПиОД

При оценке достоверности обработки данных в СПиОД используются различные показатели достоверности. Все они из-за случайной природы ошибок, как правило, являются вероятностными. Наибольшее распространение из них получили **вероятность искажения символа, реквизита, документа, которые можно использовать для оценки достоверности на различных этапах обработки данных.**

Однако эти показатели не дают количественной оценки достоверности обработки данных за время решения конкретной задачи и тем более нескольких задач. При проектировании СПиОД для выбора способов программного контроля данных при решении конкретной функциональной задачи или группы однотипных задач существенным является **знание вероятности правильного решения задачи,** а не вероятности искажения отдельного символа, реквизита и т.д. В связи с этим в качестве показателя достоверности чаще используют

**вероятность безошибочной обработки данных  $P_{\text{бo}}(T)$  за время решения задачи.** Этот показатель позволяет оценить вероятность правильного решения конкретной задачи как на этапе функционирования СПиОД, так и в процессе ее разработки.

Рассмотрим **порядок получения выражения для показателя достоверности обработки данных.**

Обработка данных в СПиОД осуществляется последовательно на различных этапах:  $s_i \subset S$  ( $i=1, I$ ). Оценку вероятности  $P_{\text{бo}}(T)$  следует производить для каждой задачи (каждого типа запросов) отдельно. Это объясняется тем, что даже при обработке данных на одних и тех же технических средствах (что не всегда выполняется) для различных типов задач **различны алгоритмы обработки данных, объёмы обрабатываемых данных, время решения, способы получения исходных данных, этапы обработки данных из множества  $S$ , причины возникновения ошибок  $w_l = W(l=1, L)$ .**

Вероятность  $P_{\text{бo}}(T)$  определяется вероятностями возникновения ошибки на каждом из этапов обработки данных  $s_i$  ( $i = \overline{1, I}$ ). С достаточной точностью можно считать, что возникновения ошибок на различных этапах являются событиями, не зависящими одно от другого.

$$\text{Поэтому } P_{\text{бo}}(T) = \prod_{i=1}^I [1 - P_i(t_i)] \quad (1)$$

где  $P_i(t_i)$  - вероятность возникновения ошибки на этапе обработки данных  $s_i$  за время  $t_i$

$t_i$  - среднее время обработки данных на этапе  $s_i$  причем  $\sum_{i=1}^I t_i = T$ .

На каждом из этапов  $s_i$  ошибки могут возникать по нескольким причинам:  $w_l \in W$ . С учетом этого и предположения о независимости причин возникновения ошибок  $w_l$  определим  $P_i(t_i)$ :

$$P_i(t_i) = 1 - \prod_{l=1}^L [1 - P_{il}(t_i)] \quad (2)$$

где  $P_{il}(t_i)$  - вероятность возникновения ошибки по причине  $w_l$  на этапе  $s_i$  за время  $t_i$ .

Подставляя выражение 2 в 1, получим:

$$P_{\text{бo}}(T) = 1 - \prod_{i=1}^I \prod_{l=1}^L [1 - P_{il}(t_i)] \quad (3)$$

В теории надежности часто используется экспоненциальное распределение. Но его применение в ряде случаев ограничено по следующей причине: если устройство характеризуется экспоненциальным распределением интервалов времени между отказами, то предварительное использование устройства никак не влияет на остаточное время его работы. Этот факт не позволяет использовать экспоненциальное распределение для описания устройств, которые в про-

цессе нормальной эксплуатации подвергаются воздействиям, влияющим на длительность их последующей безотказной работы. Для сложных же систем, в том числе и для СПиОД, элементы которых восстанавливаются в процессе функционирования, распределения интервалов времени между отказами в целом приближается к экспоненциальному, особенно при увеличении времени функционирования и росте количества элементов системы. При оценке достоверности обработки данных в СПиОД должны учитываться ошибки по разным причинам, а не только из-за отказов технических средств. Распределение интервалов времени между ошибками возникающими по различным причинам, можно аппроксимировать экспоненциальным законом распределения. Результирующий же поток ошибок в процессе обработки данных в СПиОД, в целом представляет собой суперпозицию множества подпотоков ошибок, возникающих по различным причинам:  $w_i \in W$ . При отсутствии точных сведений о законе распределения (что характерно для этапа проектирования), когда известно только среднее время между ошибками (по опыту эксплуатации СПиОД), время безошибочной обработки данных целесообразно аппроксимировать экспоненциальным распределением. В этом случае получаемые оценки являются предельными (вероятность безошибочной обработки данных при других законах оказывается не большей, чем при экспоненциальном).

В предположении экспоненциального распределения интервалов времени между возникновением ошибок выражение для  $P_{il}(t_i)$ , будет иметь вид

$$P_{il}(t_i) = 1 - e^{-\lambda_{il}t_i} \quad (4)$$

где  $\lambda_{il}$  - интенсивность ошибок на этапе  $s_i$  по причине  $w_i$ .

Тогда выражение (3) преобразуется к следующему виду:

$$P_{\bar{o}o}(T) = \prod_{i=1}^I e^{-t_i \sum_{l=1}^L \lambda_{il}} \quad (5)$$

Интенсивность ошибок  $\lambda_{il}$  зависит от типа технического средства, используемого на этапе  $s_i$ , и может быть получена следующим образом:

$$\lambda_{il} = \begin{cases} \frac{1}{t_i^{(c\bar{o})}} n p u w_i (l = 1), \\ \frac{P_{il} W_i n p u w_i (l \neq 1)}{P_{il} W_i n p u w_i (l \neq 1)} \end{cases} \quad (6)$$

где  $t_i^{(c\bar{o})}$  - среднее время между сбоями технического средства, используемого на этапе обработки данных  $s_i$ ;

$P_{il}$  -среднестатистическая оценка вероятности возникновения ошибки на этапе  $s_i$  по причине  $w_i$ ;

$w_i$  - производительность технического средства на этапе  $s_i$ .

С учетом (6) выражение (5) преобразуется к виду

$$P_{\bar{o}o}(T) = \prod_{i=1}^I e^{-t_i \left( \frac{1}{t_i^{(c\bar{o})}} + w_i \sum_{l=2}^L \bar{P}_{il} \right)} \quad (7)$$

Часто при заданной структуре технического комплекса СПиОД возникает необходимость в исследовании степени влияния объемов данных, обрабатываемых на различных этапах. Для использования вероятности  $P_{\bar{o}o}(T)$  в этих целях в выражении (7) следует  $t_i$  выразить через объем данных  $v_i$  обрабатываемых на этапе  $s_i$ :

$$t_i = \frac{v_i}{W_i}.$$

В результате такой замены получим

$$P_{\bar{o}o}(V) = \prod_{i=1}^I e^{-d_i \left( \frac{1}{t_i^{(c\bar{o})} w_i} + \sum_{l=2}^L \bar{P}_{il} \right)}, \text{ причём } V = \sum_{i=1}^I d_i \quad (8)$$

При оценке достоверности обработки данных с учетом подсистемы программно-аппаратного контроля и восстановления ( $K_{обн} > 0, K_{испр} > 0$ ) выражения 7 и 8 принимают соответственно следующий вид

$$P_{\delta o}(T) = 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^I e^{-t_i \left(\frac{1}{t_i^{(c\delta)}} w_i \sum_{l=2}^L \bar{P}_{il}\right)}\right) (1 - K_{обн} K_{испр}) \quad (9)$$

$$P_{\delta o}(V) = 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^I e^{-d_i \left(\frac{1}{t_i^{(c\delta)}} w_i \sum_{l=2}^L \bar{P}_{il}\right)}\right) (1 - K_{обн} K_{испр}) \quad (10)$$

где  $K_{обн}$ ,  $K_{испр}$  соответственно коэффициенты обнаружения и исправления и исправления ошибок подсистемой программно контроля и восстановления.

Показатель  $P_{\delta o}(T)$  дает количественную оценку достоверности обработки данных при решении конкретной задачи. Для оценки достоверности в целом объекта используется показатель  $Q$ , который можно получить по известным показателям вероятности  $P_{\delta o}(T)$  для каждой  $n$ -ной задачи  $[P_{\delta o}^{(\eta)}(T)]$  и весовым коэффициентам важности решаемых задач ( $g_{\eta}$ ) на основе аддитивной свёртки частных показателей:

$$Q = \sum_{\eta=1}^{N_3} P_{\delta o}^{(\eta)}(T_{\eta}) q_{\eta} \text{ или } Q = \sum_{\eta=1}^{N_3} P_{\delta o}^{(\eta)}(V_{\eta}) q_{\eta},$$

где  $N_3$  количество решаемых в СПиОД задач  $\sum_{\eta=1}^{N_3} q_{\eta} = 1$ .

Значения весовых коэффициентов могут определяться:

- с помощью экспертных оценок;
- по гипотезе Фишборна в зависимости от номера показателя эффективности в ряде приоритета (при слабом, сильном, равном предпочтении).

Полученные выражения позволяют определить показатель достоверности обработки данных, и оценить степень влияния на достоверность различных факторов. При этом необходимо учитывать, что выражения для оценки достоверности получены при следующих допущениях:

- 1- Процесс решения задачи в СПиОД рассматривается как последовательная обработка данных на определенных этапах.
- 2- Решаемые задачи взаимно независимы.
- 3- Ошибки по различным причинам в процессе обработки данных возникают независимо друг от друга.
- 4- Возникновение ошибок на одном этапе обработки данных не зависит от наличия ошибок на других этапах.
- 5- Распределение интервалов времени между возникновением ошибок в процессе обработки данных при решении задачи в СПиОД является экспоненциальным.

Расчеты по (9) и (10) показывают, что наибольшее влияние на значение  $P_{\delta o}(T)$  и  $P_{\delta o}(D)$  оказывают ошибки, возникающие из-за искажений, вносимых человеком как элементом АСУВ на этапе формулирования запроса на АРМ.

#### 4.2. Методика оценки достоверности результатов преобразования данных в СПиОД

Процесс оценки выполняется в следующей последовательности:

1. Выделение трактов преобразования данных в СПиОД
2. Определение технической структуры трактов СПиОД
3. Выделение этапов преобразования данных в трактах СПиОД и средств их реализации (таблица 4.1)

Таблица 4.1 - Выделение этапов преобразования данных в трактах СПиОД

Номер	Название	Номер	Название этапа	Средства реализации	Примечание
-------	----------	-------	----------------	---------------------	------------

тракта, i=1..m	тракта	этапа, j <sub>i</sub> =1..n <sub>i</sub>		Аппаратные	Программные	
1	КСТ	1 <sub>1</sub>	Формирование команды	АРМ		
		2 <sub>1</sub>				
		...				
		n <sub>1</sub>	Отображение команды	Табло отображения		
2	ИРТ	1 <sub>2</sub>	Формирование запроса	АРМ		
...	...	...	...	...		

#### 4. Определение и оценка источников ошибок на этапах преобразования данных в трактах СПиОД

Таблица 4.2 - Определение и оценка источников ошибок на этапах преобразования данных

Номер этапа j <sub>i</sub> =1..n <sub>i</sub>	Название этапа	Название источника ошибок	Номер источника ошибок k <sub>j<sub>i</sub></sub> =1..l <sub>j<sub>i</sub></sub>	Вероятность ошибок p <sub>kj<sub>i</sub></sub>	Примечание	
1 <sub>1</sub>	Формирование команды	Оператор	1 <sub>11</sub>	10 <sup>-3</sup>		
			АРМ	2 <sub>11</sub>	10 <sup>-9</sup>	
			...			
			l <sub>11</sub>			
1 <sub>2</sub>			1 <sub>12</sub>			
...	...	...	...	...		

#### 5. Определение и оценка возможностей используемых средств и способов обнаружения и исправления ошибок на этапах преобразования данных (

Номер этапа j <sub>i</sub> =1..n <sub>i</sub>	Название этапа	Номер способа обнаруж r=1..s	Способ обнаружения	Вероятность обнаружения p <sub>rj<sub>i</sub></sub>	Номер способа исправл r=1..s	Способ исправления	Вероятность исправления p <sub>rj<sub>i</sub></sub>		
1 <sub>1</sub> ...	Формирование команды	1 <sub>11</sub>	Визуальный контроль	1-10 <sup>-7</sup>	1 <sub>11</sub>	Повторный набор	1-10 <sup>-8</sup>		
		2 <sub>11</sub>							
		...						...	...
		s <sub>11</sub>							s <sub>11</sub>
1 <sub>2</sub>		1 <sub>12</sub>			1 <sub>12</sub>				
...	...								

Способы обнаружения и исправления ошибок не связываются с источниками ошибок.

#### 6. Расчет значений показателей достоверности результатов преобразования данных в трактах СПиОД

6.1. Расчет вероятности ошибок на каждом этапе преобразования данных с учетом всех источников (как суммы вероятностей совместных событий)

$$P_{j(i)}(T) = 1 - \prod_{k(j(i))=1}^{K(j(i))} [1 - p_{k(j(i))}(t_{j(i)})]$$

6.2. Расчет вероятности исправления ошибок на каждом этапе преобразования данных

$$P_{uj(i)}(T) = 1 - \prod_{l(j(i))=1}^{L(j(i))} [1 - P_{ol(j(i))}(t_i) P_{ul(j(i))}(t_{j(i)})]$$

6.3. Расчет вероятности ошибок на каждом этапе преобразования данных с учетом их обнаружения и исправления

$$P_{ji}^{ucn} = 1 - \prod_{rji=1}^{sji} (1 - p_{rji}^{обн} p_{rji}^{ucn})$$

6.4. Расчет вероятности ошибок  $P_i$  в тракте преобразования данных  $i$

$$P_i(T) = 1 - \prod_{j(i)=1}^{J(i)} [(1 - P_{j(i)}^*(t_{j(i)}))]$$

6.5. Определение оценки достоверности результатов преобразования данных в СПиОД

$$P(T) = \min_i P_i(T)$$

#### 4.1. Пути повышения надежности при проектировании и производстве изделий

Потенциальные значения параметров надежности изделия формируются при разработке и производстве. Проблема обеспечения высокой надежности носит многоаспектный характер, ее решение начинается с формирования требований в техническом задании и продолжается на всех остальных стадиях создания конкретного технического изделия или комплекса технических средств. Кратко рассмотрим пути повышения надежности изделий при их создании.

*Совершенствование электронных схем аппаратуры и ее функциональных узлов.* Требуемые характеристики аппаратуры могут быть получены при различных схемных решениях, различающихся по количеству и типам применяемых элементов. При проектировании следует прорабатывать несколько вариантов схем и выбирать из них то, который обеспечивает лучшую надежность.

*Правильный выбор режимов работы устройства.* Уменьшение нагрузок на компоненты приводит к существенному повышению их надежности. Интенсивность отказов при изменении нагрузок может изменяться в широком диапазоне. Однако следует помнить, что уменьшение нагрузок ниже 10% обычно не приводит к заметному повышению надежности, а выбор режима с нагрузкой, близкой к предельной, резко увеличивает интенсивность сбоев и отказов. Снижение электрической нагрузки эквивалентно увеличению габаритов аналоговых устройств, так как размеры элементов во многом определяются тем, на какие номинальные мощности они рассчитаны. При прочих равных условиях уменьшение амплитуды рабочих напряжений приводит к снижению помехоустойчивости, что особенно характерно при передаче сигналов по электрическим цепям.

Поэтому так называемый "разгон процессоров" приводит к двум нежелательным последствиям. Во-первых, электронные устройства переводятся в режим, близкий к предельному по производительности, что само по себе способствует повышению интенсивности сбоев и перемежающихся отказов. Во-вторых, увеличивается потребляемая устройствами мощность (потребляемая мощность цифровых устройств пропорциональна квадрату частоты переключения), следовательно, возрастает нагрев элементов. Такой нагрев снижает ресурс изделия и может привести к полному отказу.

*Создание схем, мало чувствительных к изменениям параметров элементов.* Построение таких схем основывается на использовании отрицательных обратных связей и устройств автоматического регулирования. Большое значение имеет выбор номинальных режимов и допусков на параметры элементов и узлов. Эта задача решается при проектировании теоретически и экспериментально. На практике экспериментальная отработка осуществляется методом граничных испытаний. Метод основан на искусственном изменении параметров элементов в работающем макете аппаратуры и определении запаса устойчивости системы. Это позволяет установить оптимальные номинальные значения параметров и наложить ограничения на их разброс. Такой

метод целесообразно применять при разработке унифицированных узлов, выпускаемых серийно, так как проведение испытаний требует больших временных и материальных затрат.

*Включение в состав изделия средств контроля работоспособности и диагностики отказов.* Наличие таких средств повышает ремонтпригодность за счет сокращения времени на обнаружение и устранение отказов. Следует стремиться, чтобы отказы средств контроля не приводили к нарушению работоспособности основной аппаратуры.

*Применение стандартных и унифицированных элементов.* Стандартные компоненты обычно разрабатываются достаточно тщательно. Они проходят систему специальных испытаний и выпускаются предприятиями по стабильным технологическим процессам, подвергаются выходному контролю. Это обеспечивает их высокую безотказность. Однако практически невозможно ограничиться применением в аппаратуре только стандартных компонентов. Поэтому необходимо уделять особое внимание надежности нестандартных элементов, являющихся обычно основным источником отказов.

*Размещение элементов, обеспечивающее благоприятные условия работы.* Необходимо обеспечить хорошие условия отвода тепла от элементов, уменьшение влияния тепловых потоков и электромагнитных излучений одних элементов на другие. Отвод тепла обеспечивают радиаторы, системы принудительного воздушного или жидкостного охлаждения. Снижение паразитных электромагнитных наводок достигается экранировкой элементов, применением качественного заземления аппаратуры, продуманной разводкой кабелей и соединительных линий (в том числе, соединений на печатных платах), применением специальных типов кабелей, снижением амплитуды сигналов.

*Улучшение доступа к элементам.* Для повышения ремонтпригодности при конструировании аппаратуры должен обеспечиваться легкий доступ к элементам и такое их надежное крепление, которое позволяет быстро заменить один элемент другим. Монтажная схема и система обозначения элементов должны обеспечить условия для поиска отказавшего элемента.

Практика показывает, что значительная доля от общего количества отказов, возникающих в процессе эксплуатации, обусловлена неудачными конструкторскими решениями. По этой причине для повышения надежности изделий важную роль играет тщательный анализ причин отказов при эксплуатации, своевременная и полная информация о них разработчиков и изготовителей.

*Технология производства.* Все стадии технологического процесса от получения материалов и комплектующих элементов до приема готовой продукции влияют на качество продукции, в том числе, и на надежность. Повышению надежности в значительной мере способствует: входной контроль качества комплектующих элементов; автоматизация технологических процессов изготовления, так как позволяет уменьшить ошибки производственного персонала; испытания и контроль показателей надежности выпускаемой продукции.

Повышению надежности способствует тщательная отработка эксплуатационной документации. Техническая документация обычно включает: паспорт, техническое описание, руководство пользователя (инструкция по эксплуатации), формуляр (гарантийный талон).

В паспорте указываются: назначение изделия, технические характеристики и параметры, условия применения, хранения и транспортировки, комплектация. Техническое описание содержит описание устройства, а также может включать электрические схемы, диаграммы напряжения и другие сведения. Руководство пользователя помимо общих правил применения аппаратуры, должно содержать указания по поиску и устранению неисправностей, по проведению профилактических работ, замене расходных материалов, указания по технике безопасности. Гарантийный талон содержит сведения об изготовителе, времени и месте изготовления, гарантийных обязательствах, времени и месте продажи, адресах гарантийных мастерских и консультационных пунктов.

*Внесение избыточности.* Избыточность позволяет обнаруживать отказы оборудования и искажения информации, проводить восстановление без прекращения функционирования системы.

*Наличие системы контроля и восстановления информационного процесса.* Такая система включает аппаратные, программные и информационные средства. Она позволяет обнаруживать отказы оборудования и нарушения информационного процесса, осуществлять диагностику от-

казов (нарушений), обеспечивать поддержку восстановления АСОИУ и ее отдельных объектов. Кроме того, на нее целесообразно возложить регистрацию и накопление статистических данных по работе АСОИУ с целью последующего анализа и принятия мер по повышению надежности функционирования объектов.

Виды избыточности и функции системы контроля будут рассмотрены далее более подробно.

## 4.2. Факторы, влияющие на надежность в процессе эксплуатации

Надежность работы изделия в первую очередь определяется тем уровнем технической надежности, который достигнут при разработке и производстве. Но существенное влияние на надежность оказывают и условия эксплуатации. Поэтому при организации эксплуатации средств автоматизации необходимо оценить возможные неблагоприятные воздействия и принять меры к ослаблению их влияния.

Все эксплуатационные факторы можно подразделить на объективные и субъективные. К объективным факторам относят влияние окружающей среды, внешние воздействия на технику.

На надежность влияют такие факторы окружающей среды как температура, влажность, солнечная радиация, загрязненность атмосферы и биологической среды.

*Влияние температуры.* Неблагоприятное влияние оказывает как высокая, так и низкая температура. Повышенная температура ведет к увеличению интенсивности отказов, ускоряет процессы старения элементов, изоляционных материалов. При низких температурах становятся хрупкими многие изоляционные и заливочные материалы, густеют смазки, снижается эффективная емкость аккумуляторов, ускоряются процессы разрушения припоя и нарушается прочность паяк, ослабляются крепления аппаратуры и ее деталей. Колебания температуры ведут к колебаниям значений электрических параметров аппаратуры. В реальных условиях эксплуатации на надежность технических средств существенное влияние оказывают не медленные сезонные колебания, а более быстрые суточные перепады температуры или перепады, связанные с перемещением оборудования.

При резких понижениях температуры на поверхности аппаратуры и в ее внутренних частях конденсируется влага. Она проникает в поры и трещины материалов, в зазоры между деталями. При замерзании вода увеличивается в объеме, увеличивая размер трещин. Вследствие разности коэффициентов температурного расширения различных материалов при изменении температуры могут нарушаться сопряжения материалов и возникать трещины. В результате герметичность устройств нарушается. Все это ускоряет процессы старения и разрушения материалов, вызывает нестабильность электрических характеристик оборудования. Переносимая или перевозимая аппаратура должна разрабатываться с учетом изменения температуры в широком диапазоне. При эксплуатации целесообразно стремиться к созданию благоприятных температурных условий применения и хранения.

Промерзшая аппаратура при резком повышении температуры окружающей среды покрывается слоем влаги. Влага должна быть удалена перед включением, или необходимо выдержать аппаратуру до ее полного просыхания. Это предотвратит возможные повреждения – короткие замыкания в цепях питания, пробой электронных схем. Кабели при низкой температуре требуют осторожного обращения, так как из-за ухудшения эластичности оболочки при резких изгибах и скручиваниях в ней образуются трещины, через которые в последствии будет проникать влага.

Загустевание смазки при низкой температуре может привести к быстрому износу трущихся деталей, а иногда и к их поломке.

Нагрев записываемых компакт-дисков до 100° С приводит к искажению информации. У некоторых компакт-дисков при перепадах температуры от – 20° С до комнатной появляются трещины в защитном слое, он отслаивается от подложки.

*Влияние влажности.* Из всех эксплуатационных факторов, относящихся к воздействиям окружающей среды, влияние влажности наиболее опасно. Повышенная влажность приводит к изменению электрических характеристик оборудования и снижению его эксплуатационной надежности. Она оказывает влияние при использовании оборудования и при хранении. Атмосферный воздух всегда содержит влагу в виде мельчайших капелек воды. Ее количество огра-

ничено и не может превышать влагоемкость  $E$  воздуха при данной температуре. При понижении температуры влагоемкость воздуха уменьшается, и влага выпадает в виде конденсата (росы). Значения влагоемкости при различной температуре приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Температура, С	-10	0	10	20	30	40
Влагоемкость, Г/м <sup>3</sup>	2,15	4,84	9,4	17,3	28,9	50,6

Относительная влажность воздуха измеряется с помощью психрометра и гигрометра.

На оборудование воздействие оказывает не абсолютная, а относительная влажность, которая характеризует степень насыщения воздуха парами воды и определяется отношением влагосодержания воздуха  $m$  к его влагоемкости, выраженным в процентах  $v = (m/E)100\%$ .

Зная относительную влажность и температуру легко определить и влагосодержание воздуха. С изменением температуры изменяется значение относительной влажности воздуха. С понижением температуры относительная влажность возрастает, а при существенном понижении содержание влаги может превысить его влагоемкость и излишек влаги выпадет в виде конденсата. Относительная влажность в пределах 45 – 75% считается нормальной. При меньших значениях воздух считается сухим, а при больших – влажным. В районах с влажным климатом относительная влажность воздуха составляет 90% и более процентов. При этом даже небольшое понижение температуры, например, ночью, вызывает появление конденсата.

В отапливаемых помещениях относительная влажность воздуха значительно ниже, чем снаружи, так как воздух, поступающий в помещение, прогревается и его относительная влажность уменьшается.

Влага оказывает вредное влияние на металлы и изоляционные материалы. Особое место занимает коррозия металлов – разрушение вследствие химической или электрохимической реакции. Процесс коррозии ускоряется при загрязнении воздуха химически активными веществами промышленного происхождения – углекислым и сернистым газом, солями и кислотами. Особенно интенсивным становится процесс коррозии при превышении относительной влажности некоторого уровня. Например, для атмосферы с преобладанием углекислого газа критическая влажность для меди и нелегированной стали 65 – 70%. Коррозия вызывает негативные последствия: нарушения контактов, увеличение переходного сопротивления разъемов, снижения сопротивления изоляции электрических цепей и т.п. Для предотвращения коррозии применяют лакокрасочные покрытия, наносят слои стойких к коррозии материалов, применяют защитные покрытия, при хранении используют ингибиторы (вещества, поглощающие влагу).

Воздействие влаги на изоляционные материалы ускоряет процессы, приводящие к изменению свойств материалов, их старению и разрушению. При относительной влажности 60 – 70% на поверхности всех тел появляется тончайший слой воды, толщина которого увеличивается с ростом относительной влажности, и при относительной влажности 100% достигает нескольких десятков микрон. Вещества, обладающие гигроскопичностью, поглощают содержащуюся в воздухе влагу. Адсорбция влаги различными материалами неодинакова. Толщина водяной пленки на поверхности зависит от свойств материала. Она минимальна у материалов с нейтральными молекулами (полиэтилен, полистирол, фторопласт) и сравнительно велика у таких материалов как стекло, керамика, имеющих ионное строение (сила притяжения полярных молекул воды к ионам значительно больше, чем к нейтральным молекулам).

Вследствие относительно хорошей проводимости воды, особенно при наличии примесей, образующих электролиты, резко снижается сопротивление изоляции. Уменьшение сопротивления изоляции зависит от относительной влажности воздуха. При увлажнении изменяется емкость конденсаторов, паразитных емкостей трансформаторов, монтажа, возникают токи утечки, а наличие электрической нагрузки вызывает электролиз, приводящий к разрушению материалов.

Достаточно надежную, но не полную защиту аппаратуры от влияния повышенной влажности дает герметизация. При эксплуатации негерметизированной аппаратуры необходимо следить за соблюдением нормальной влажности, а при попадании влаги обеспечивать просушку аппаратуры перед включением электропитания.

Недостаток влаги в помещении приводит к накоплению статического электричества на отдельных предметах, на персонале и его одежде. А прикосание пользователя к оборудованию

может произвести электрический разряд, вызывающий болезненные ощущения у пользователя, сбой и отказы оборудования.

*Солнечная радиация.* Длительное облучение оборудования солнечным светом оказывает вредное влияние за счет повышения температуры, вследствие химического разложения и усиления старения материалов органического происхождения (пластмасс, красителей и т.п.). Под действием ультрафиолетового излучения растрескиваются лакокрасочные покрытия, утрачиваются защитные свойства, теряет эластичность и растрескивается резина, ухудшаются свойства синтетических материалов. В результате сокращается срок службы кабелей, усиливается процесс коррозии металлов.

Солнечные лучи сокращают долговечность активного слоя и сохранность информации на записываемых и перезаписываемых компакт-дисках. Уровень ошибок зависит от длительности экспозиции на солнце конкретного материала активного слоя. Уже после нескольких часов освещения солнцем наблюдается заметное повышение уровня ошибок у такого материала активного слоя записываемых компакт-дисков как Cyanine. Другие материалы, в частности, AdvCyanine, допускают облучение солнечным светом в течение более длительного времени – до 70 часов без заметного ухудшения качества.

*Атмосферное давление.* При подъеме до 1000 м над уровнем моря атмосферное давление изменяется незначительно. Изменение давления существенно влияет на функционирование некоторых механических устройств, например, жестких магнитных дисков, в которых головки чтения-записи плавают на воздушной подушке. Падение давления до 0,1 – 0,3 от нормального снижает пробивное напряжение воздушных промежутков. В разреженной атмосфере ухудшается отвод тепла от элементов аппаратуры. Резкие перепады давления могут нарушить герметичность блоков.

*Загрязненность атмосферы.* В процессе эксплуатации частицы пыли проникают под кожух аппаратуры и оседают на монтаже и элементах. Вследствие абразивного действия пыли ускоряется износ и нарушается работа изделий с движущимися деталями. Кроме того, пыль обладает повышенной гигроскопичностью. Поэтому слой пыли, покрывающий изоляционные материалы, при увлажнении резко снижает сопротивление изоляции и может служить причиной электрического пробоя, а на платах печатного монтажа возможно заметное шунтирование электрических цепей. Наличие пыли уменьшает отвод тепла. Органическая пыль является питательной средой грибковых образований. Полностью предотвратить попадание пыли внутрь корпуса оборудования не удастся. Поэтому чистка оборудования является непременным элементом технического обслуживания.

*Биологическая среда.* К биологической среде относят грибковые образования (плесень), насекомых, грызунов. Наибольший вред аппаратуре наносит плесень, которая представляет собой грибковые образования. Питательной средой для плесени служат все содержащие углеводы органические вещества: резина, кожа, дерево, канифоль и т.п. Плесень развивается на поверхности металла, стекла, керамике, при этом питательной средой служит слой органической пыли. Благоприятной средой развития плесени служит сочетание повышенной влажности (больше 85%) и тепла (25 – 30°C). При относительной влажности менее 65% развитие плесени прекращается, однако она не погибает и при повышении влажности начинает развиваться.

Плесень впитывает из воздуха и удерживает большое количество влаги, образуя на материале водяную пленку, в процессе жизнедеятельности выделяет органические кислоты. Это влечет коррозию металлов и разрушение изоляционных материалов. Выделение плесени приводит к помутнению стекла и ухудшению его оптических свойств. Из-за плесени возможно нарушение контактов, снижение сопротивления, пробой изоляции. Грызуны могут повредить кабельные системы, изоляцию проводов, а насекомые – загрязнить контакты в разъемах, вызвать короткие замыкания в электрических схемах.

К условиям применения относят качество электропитания, механические нагрузки, режимы использования, старение и износ.

*Качество электропитания* характеризуется параметрами напряжения и их стабильностью во времени. Государственный стандарт определяет следующие параметры электрической сети: напряжение 220 В  $\pm$  10 %; частота 50 Гц  $\pm$  1 Гц; коэффициент нелинейных искажений формы напряжения < 8 % при длительных искажениях и < 12% при кратковременных искажениях [1].

Теоретически напряжение должно иметь правильную синусоидальную форму, но в сети оно искажено наличием реактивных нагрузок, присутствием помех, подключением или отключением мощных потребителей электроэнергии.

Нестабильность напряжения связана: с понижением или повышением напряжения свыше предусмотренных пределов; пропаданием напряжения; скачками напряжения; высокочастотными помехами. Явление понижения или повышения напряжения в сети обусловлено тем, что силовые сети являются трехфазными, а для питания бытовых потребителей применяется одна фаза. В этом случае перекос нагрузок в фазах (например, короткое замыкание в одной из фаз, включение или выключение мощных однофазных потребителей электроэнергии) приводит к повышению напряжений в одних фазах и понижению в других за счет так называемого "смещения нуля". Импульсные помехи связаны с молниями и авариями на электросетях. Высокочастотные помехи – с работой сварочных аппаратов, электрических печей, тиристорных регуляторов и т.п. Нестабильность приводит к сбоям в работе электронных средств, потере и искажению информации, снижению ресурса оборудования, отказам устройств.

Однофазное электропитание (к аппаратуре подключаются два провода – фазы и нулевой, но отсутствует провод заземления) может приводить к появлению разности потенциалов между корпусами различных устройств. Разность потенциалов способна достигать несколько десятков вольт, она будет прикладываться к информационным линиям, соединяющим устройства. Эта разность приводит к искажению уровней сигналов, к повреждению электронных схем.

Для защиты от нарушений находят применение три типа источников бесперебойного питания (ИБП). Наиболее простой ИБП с переключением (off line или stand-by UPS) позволяет сохранить данные и корректно завершить работу компьютера при пропадании электропитания. Однако относительно большое время переключения (2 – 10 мс) на встроенную в ИБП аккумуляторную батарею все же не гарантирует полную сохранность данных. Интерактивные ИБП (line-interactive) обеспечивают стабильное значение напряжения, а при его пропадании или сильном искажении – переход на питание от батареи. ИБП с двойным преобразованием напряжения (on-line UPS или ИБП с активной батареей) преобразуют входное переменное напряжение в постоянное, затем оно преобразуется в высокочастотное и поступает на выход ИБП. В отличие от первых двух типов в этих ИБП батареи работают постоянно, сглаживая все недостатки сети электропитания.

*Механические нагрузки.* Проявляются в виде динамических воздействий – ударов и вибраций, которые испытывает изделие при функционировании, а также при транспортировании или при работе в подвижных объектах. Удары и вибрации приводят к повреждению монтажа, органов управления, к нарушению контактов в разъемах, порче поверхностей магнитных дисков.

Динамические воздействия количественно оцениваются величиной создаваемого ими ускорения, которое представляют в единицах ускорения силы тяжести  $h = v^2 / (2sg)$ , где  $v$  – скорость в момент удара,  $m/c$ ;  $s$  – величина упругих или остаточных деформаций, ударяющихся предметов,  $m$ ;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $9,8 m/c^2$ . Наибольшую опасность представляют удары для изделий с движущимися механическими частями (для работающих жестких магнитных дисков). Вибрация вызывает динамические воздействия, аналогичные ударам, может приводить к нарушению крепления деталей, контактов в разъемах, перетиранию изоляции кабелей и др. Наиболее опасна длительная вибрация. Защита от динамических воздействий осуществляется с помощью амортизаторов, правильным выбором конструкции, исключая возникновение резонансных явлений.

*Проникающая радиация.* Она воздействует на электронные устройства при больших уровнях излучения. Рентгеновское излучение,  $\alpha$  и  $\beta$  частицы эффективно поглощаются металлическими экранами (кожухом аппаратуры). Более опасно гамма-излучение. К облучению чувствительны полимеры (уменьшается сопротивление, изменяется диэлектрическая проницаемость, снижается напряжение пробоя). Материалы неорганического происхождения менее чувствительны к радиоактивному облучению. Радиационная стойкость полупроводников ниже, чем у других неорганических материалов.

Каждый производитель указывает свои требования к условиям хранения, транспортирования и применения технических средств. Типовые условия обычно характеризуются следующими значениями параметров внешней среды.

Хранение аппаратуры должно осуществляться в заводской упаковке в сухом отапливаемом помещении при температуре от +5° до +40°С с относительной влажностью воздуха 40 – 80 % и атмосферным давлением 680 – 800 мм рт. ст. В помещении должны отсутствовать пары химически активных веществ, способных вызвать коррозию.

Транспортировка производится любым транспортом в упаковке с размещением узлов аппаратуры в отдельных багажных отсеках.. При этом должны соблюдаться следующие условия: температура от –50° до +50°С, относительная влажность – до 98 %, атмосферное давление 630 – 800 мм рт. ст. Во время транспортировки должны быть исключены ударные воздействия на аппаратуру.

В рабочем помещении необходимо поддерживать температуру от +5° до +40°С, относительную влажность от 60 % до 80 %, атмосферное давление – 630 – 800 мм рт. ст. В помещении не должно быть пыли, источников радиоизлучений. Изделия не должны подвергаться прямому солнечному свету, резким колебаниям температуры, напряжение электропитания должно быть стабильным.

#### **4.3.Перспективы развития методов оценки показателей эффективности и качества СПОД. ISO (ИСО) –ЭТО ЧТО?**

- International Organization for Standardization - Международная организация по стандартизации, ее продукция – международные стандарты, им присваивается индекс ISO.  
Организация существует с 1947 г., объединяет национальные органы по стандартизации всех стран мира.  
Международный технический комитет ИСО/ТК 176- разработчик стандартов серии 9000. Россию в ISO представляет Росстандарт (с 2004г.-Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии).  
Стандарты серии ISO 9000 – в книге рекордов Гиннеса (Guinness World Records) за их популярность, 188 стран мира внедряет ISO 9001.
- ISOS (от греч.)- равный, равноправный
- 1 138 155 компаний с сертифицированными СМК.
- Три первых места в мире: Китай – 342 800, Италия – 168 960, Германия – 55 363.
- Три первых места в СНГ: Россия – 11 301, Украина – 1 311, Казахстан – 503.

#### **Мотивация изменений**

«Мир изменился, и пересмотр стандарта ISO 9001 стал необходим, чтобы отразить это. Развитие технологий ведёт к повышенным ожиданиям потребителей и предприятий. Торговые барьеры снижаются вследствие уменьшения тарифов, а также из-за таких стратегических инструментов как международные стандарты. Мы наблюдаем тенденцию к усложнению глобальных цепочек поставок, которые требуют интегрированных действий. Поэтому организации должны искать новые способы функционирования, а наши стандарты менеджмента качества должны не отставать от этих ожиданий.»

#### **Ключевые цели нового стандарта**

- Создать стабильную систему требований на последующие 5-10 лет
- Несмотря на достаточно общий характер, оставаться актуальным для всех типов и размеров организаций, независимо от сектора экономики
- Сохранить нынешний акцент на результативном управлении процессами для достижения желаемых результатов
- Принять во внимание изменения в практике менеджмента качества, так как последний крупный пересмотр состоялся в 2000 г.
- Отразить изменения во все более сложной и динамичной деловой среде, в которой действуют организации

- Применить общую структуру, текст и определения, изложенные в Приложении SL к Директиве ISO для обеспечения совместимости с другими системами менеджмента (например, для СЭМ в ISO 14001)
- Использовать простые формулировки, чтобы обеспечить общее понимание и интерпретацию требований
- Убрать предписывающий характер требований

### **Заключение**

Таким образом, мы рассмотрели концептуальные основы оценки качества СПиОД, теоретические вопросы и математические модели оценки таких важных свойств СПиОД как оперативность, надежность, достоверность результатов преобразования данных. На практических занятиях мы продолжим рассмотрение этих сложных вопросов.

**Разработал:**

**Доцент кафедры, доцент ктн \_\_\_\_\_ О. Пантюхин**