



Московский институт электроники
и математики им. А.Н. Тихонова

Департамент электронной
инженерии

Москва
2025

Научно-учебная группа **«Управление надёжностью на предприятиях»**

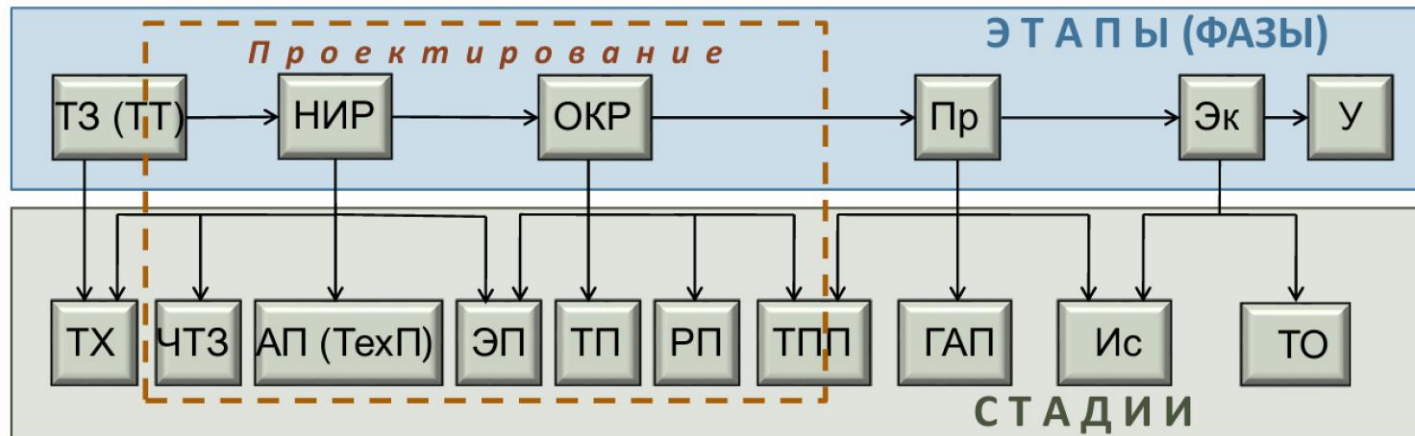
Доклад подготовлен в ходе проведения исследования
**Проект № 24-00-024 «Развитие методов
прогнозирования показателей надёжности электронных
модулей» в рамках Программы «Научный фонд
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2025 г.**

Комплексный подход к оценке надёжности ЭМ ТС



Буцкий Дмитрий Олегович
Студент 3-его курса ОП ИТСС

Жизненный цикл ЭС



ЭТАПЫ жизненного цикла электронного средства (с т. зр. содержания решаемых задач):

ТЗ (ТТ) — техническое задание (технические требования);
НИР — научно-исследовательские работы; **ОКР** — опытно-конструкторские работы,
Пр — производство; **Эк** — эксплуатация; **У** — утилизация.

СТАДИИ жизненного цикла электронного средства (с т. зр. последовательности выполнения):

ТХ — технические характеристики; **ЧТЗ** — частное техническое задание;
АП (ТехП) — аванпроект (техническое предложение);
ЭП — эскизное проектирование; **ТП** — техническое проектирование; **РП** — рабочее проектирование;
ТПП — технологическая подготовка производства; **ГАП** — гибкое автоматизированное производство;
Ис — испытания; **ТО** — техническое обслуживание



Список испытаний по ГОСТ

АППАРАТУРА РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ БЫТОВАЯ

ПРИЕМКА

ГОСТ 21194–87

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Аппаратура, приборы, устройства и оборудование
систем управления технологическими процессами
атомных электростанций

ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ
И ПРИЕМКИ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ
И СЕРИЙНОЙ ПРОДУКЦИИ

Atomic power station technological processes
control system equipment.
General rules of conducting test specimens and
serial items test and acceptance

ОКП 3409

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 мая
1983 г. № 2342 срок введения установлен

с 01.01.84*

ГОСТ
25804.5–83

ГОСТ 19.301–79

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ЕДИНАЯ СИСТЕМА
ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ПРОГРАММА
И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ

Издание официальное



Список испытаний по ГОСТ

К-1	Контроль внешнего вида, разборчивости и содержания маркировки	К-13	1 Контроль области безопасной работы для мощных транзисторов, если указано в ТУ. 2 Контроль теплового сопротивления для мощных приборов, если указано в ТУ. 3 Контроль устойчивости к электрическим воздействиям для мощных диодов, если указано в ТУ.
К-2	1 Контроль устойчивости к электрическим воздействиям для СВЧ диодов, если указано в ТУ. 2 Контроль важнейших электрических параметров при нормальных климатических условиях	К-14	Длительные испытания на безотказность (продолжительность 3000 часов) Длительные испытания на безотказность (продолжительность 80000 часов)
К-3	1 Контроль электрических параметров, не отнесенных к важнейшим или требующих осуществления сложных, трудоемких измерений при нормальных климатических условиях	К-15	Испытание на хранение при повышенной температуре в течении 1000 ч.
К-5	1 Вскрытие и внутренний визуальный контроль, если указано в ТУ 2 Контроль прочности внутренних проволочных соединений, если указано в ТУ 3 Контроль прочности присоединения кристалла, если указано в ТУ	К-16	1 Контроль массы 2 Испытание на светонепроницаемость 3 Испытание на воздействие атмосферного пониженного давления 4 Испытание на воздействие повышенного давления 5 Испытание на воздействие линейного ускорения 6 Испытания на ударную прочность 7 Испытание на вибропрочность 8 Испытание на виброустойчивость 9 Испытание на герметичность 10 Контроль электропараметров, отнесенных к подгруппам К-2, К-3 (послед. 1)
	Кратковременное испытание на безотказность (96 ч)	К-17	Испытание на воздействие плесневых грибов
	Испытание на воздействие изменения температуры среды	К-18	Испытание на воздействие атмосферных конденсированных осадков (иней и росы)
К-6	Испытание на способность к пайке	К-19	Испытание на воздействие соляного (морского) тумана
К-7	Кратковременное испытание на безотказность (1000 ч)	К-20	Испытание на воздействие акустического шума
К-8	1 Контроль электрических параметров отнесенных к категории П-2. 2 Испытание на воздействие изменения температуры среды 3 Испытание на воздействие ударов одиночного действия 4 Испытание на ударную устойчивость 5 Испытание на виброустойчивость 6 Испытание на герметичность 7 Контроль электропараметров, отнесенных к подгруппам К-2, К-3	К-21	Испытание на воздействие статической пыли
К-9	1 Испытание маркировки на прочность 2 Испытание на теплостойкость при пайке 3 Испытание наружных выводов на прочность 4 Испытание на герметичность	К-22	Испытание на воздействие электростатического потенциала
К-10	Испытание на воздействие повышенной влажности воздуха (длительное)	К-23	Испытание на пожарную безопасность
К-11	Испытание на устойчивость к <u>энергоциклам</u>		
К-12	1 Контроль габаритных размеров тары 2 Испытание упаковки на прочность		



Список испытаний по ГОСТ

Вид испытания	Группа аппаратуры по ГОСТ 25804.3–83									Вид испытания	Группа аппаратуры по ГОСТ 25804.3–83									Вид испытания	Группа аппаратуры по ГОСТ 25804.3–83								
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
1. Испытание на прочность при воздействии синусоидальной вибрации одной частоты					+					14. Испытания на воздействие нижнего предельного рабочего значения температуры воздуха					+					27. Испытание на пожарную безопасность						+			
2. Проверка электрического сопротивления изоляции в нормальных климатических условиях					+					15. Испытание на воздействие нижнего рабочего значения температуры воздуха					+					28. Испытание на воздействие выпадаемых атмосферных осадков (дождя)						–			+
3. Проверка электрической прочности изоляции в нормальных климатических условиях					+					16. Испытание на воздействие атмосферных конденсированных осадков (иней и росы)				–					+	29. Испытание на воздействие плесневых грибов						+			
4. Испытание по обнаружению резонансов конструкции аппаратуры					+					17. Испытания на воздействие рабочей температуры среды заполнения в режиме течи			+		–		+	–	–	30. Испытание на воздействие солнечного излучения						+			
5. Испытание на устойчивость при воздействии синусоидальной вибрации					+					18. Испытания на воздействие рабочего давления среды заполнения в режиме течи			+		–		+	–	–	31. Испытание на динамическое воздействие пыли						+			
6. Испытание на прочность и устойчивость при воздействии механических ударов одиночного действия					+					19. Испытание на воздействие рабочего верхнего предельного значения атмосферного давления					+				–	32. Испытание на статическое воздействие пыли						+			
7. Испытание на прочность и устойчивость при воздействии механических ударов многократного действия					+					20. Испытание на воздействие рабочего нижнего предельного значения атмосферного давления					+				–	33. Испытание на воздействие соляного тумана						Н			+
8. Испытание на устойчивость при воздействии акустического шума					–				+	21. Испытание на воздействие предельного атмосферного давления при транспортировании воздушным транспортом					+				–	34. Испытание на безотказность						+			
9. Испытание на стойкость при воздействии воздушного потока					+					22. Испытание на прочность при транспортировании аппаратуры в упакованном виде					+				–	35. Испытание на ремонтпригодность						Н			
10. Испытание на воздействие изменения температуры воздуха					+					23. Испытание на прочность при воздействии синусоидальной вибрации					+				–	36. Испытание на долговечность						+			
11. Испытание на воздействие верхнего рабочего значения относительной влажности					+					24. Испытание на прочность при падении					+				–	37. Испытание на сохраняемость						+			
12. Испытание на воздействие верхнего предельного рабочего значения температуры воздуха					+					25. Испытание на герметичность					+				–	38. Испытание по оценке комплексного показателя надежности						Н			
13. Испытание на воздействие верхнего рабочего значения температуры воздуха					+					26. Испытание на взрывобезопасность					+				–	39. Испытание на стойкость к воздействию специальных сред: азот аммиак водород					Н	Н	–		–
																				Обязательно для аппаратуры в герметичном исполнении						Н			
																				40. Испытание на стойкость к воздействию электромагнитного поля						+			
																				41. Испытание на стойкость к воздействию ионизирующих излучений						+			
																				42. Испытание на воздействие активной среды						+			Н
																				43. Испытание на стойкость к воздействию нейтронного потока						+	+	+	–



Статистика отказов RIAC

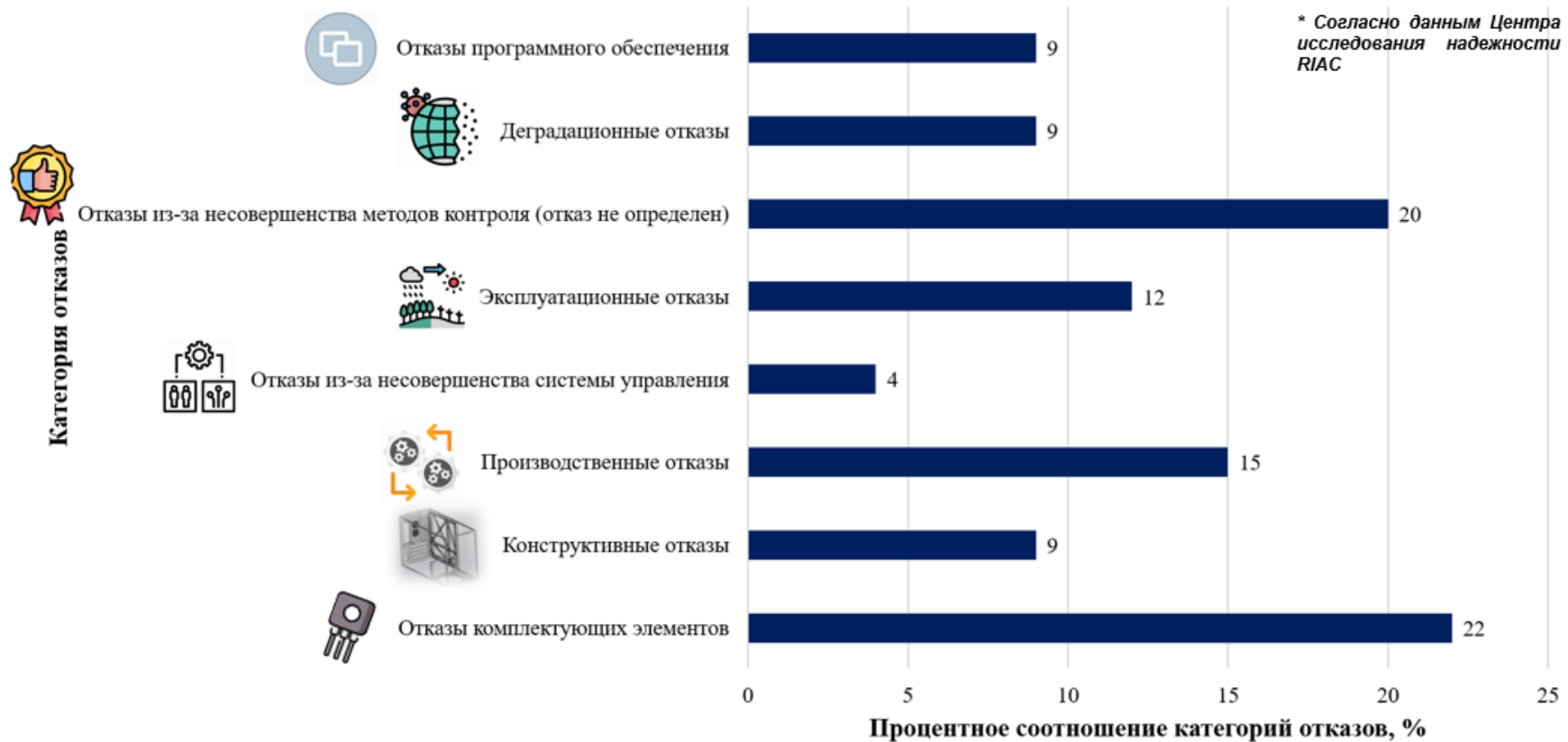




Схема исследования отказов

УДК 658.562

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В.Б. Афанасьев

В статье предложена идеология проектирования автоматизированной информационной системы для обеспечения результативности системы менеджмента качества оборонного предприятия. На основе онтологического подхода определены технические решения по разработке системы управления базы данных, а также осуществлён выбор программных решений. Представлен инновационный программный продукт на основе нереляционных документно-ориентированных разработок.

Ключевые слова: качество, надёжность, информационная среда процессов СМК, программный комплекс, анализ статистической информации.

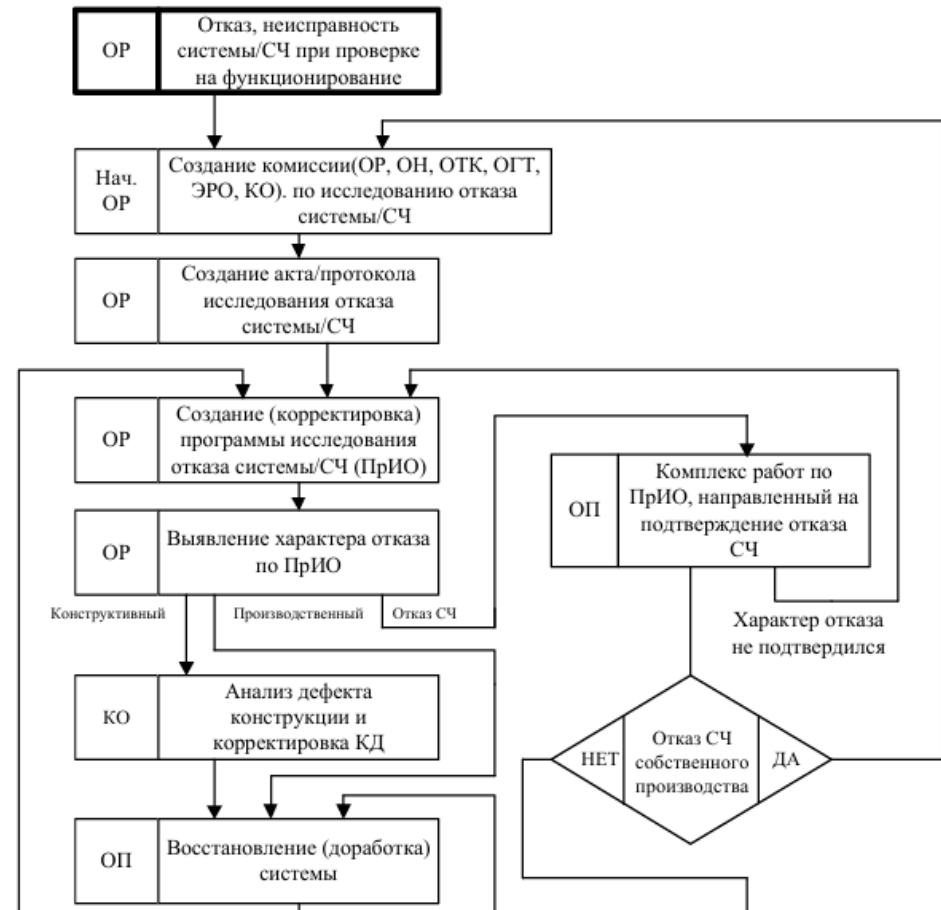


Схема исследования отказов

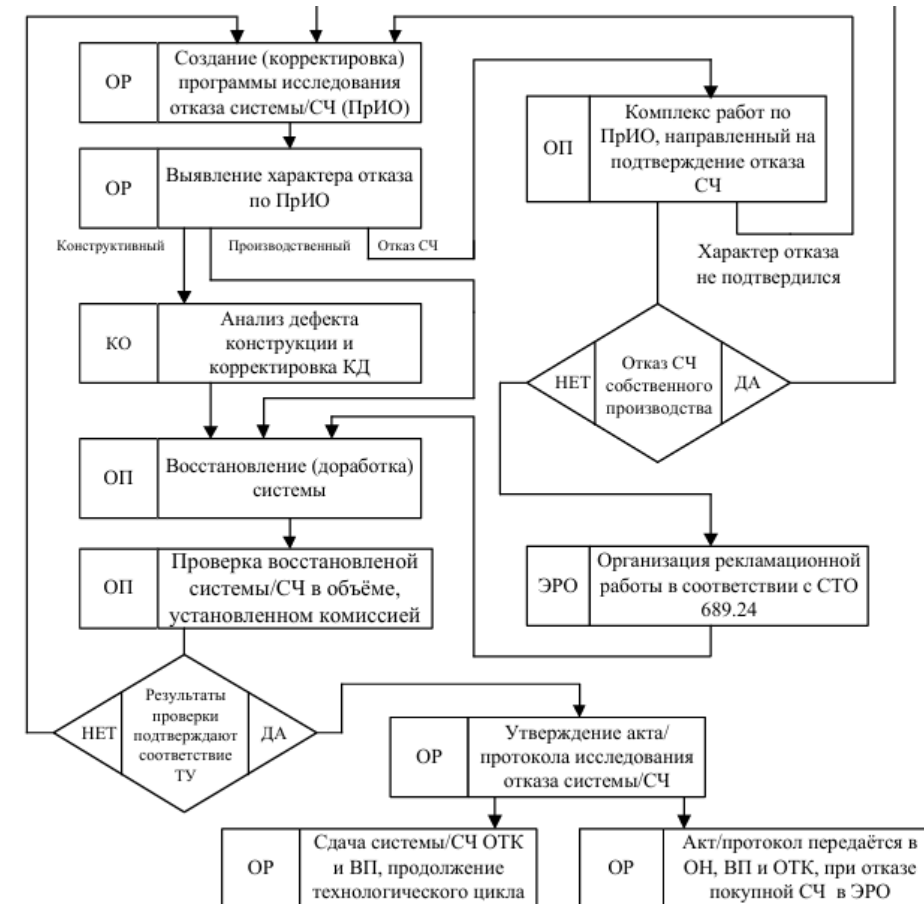
УДК 658.562

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

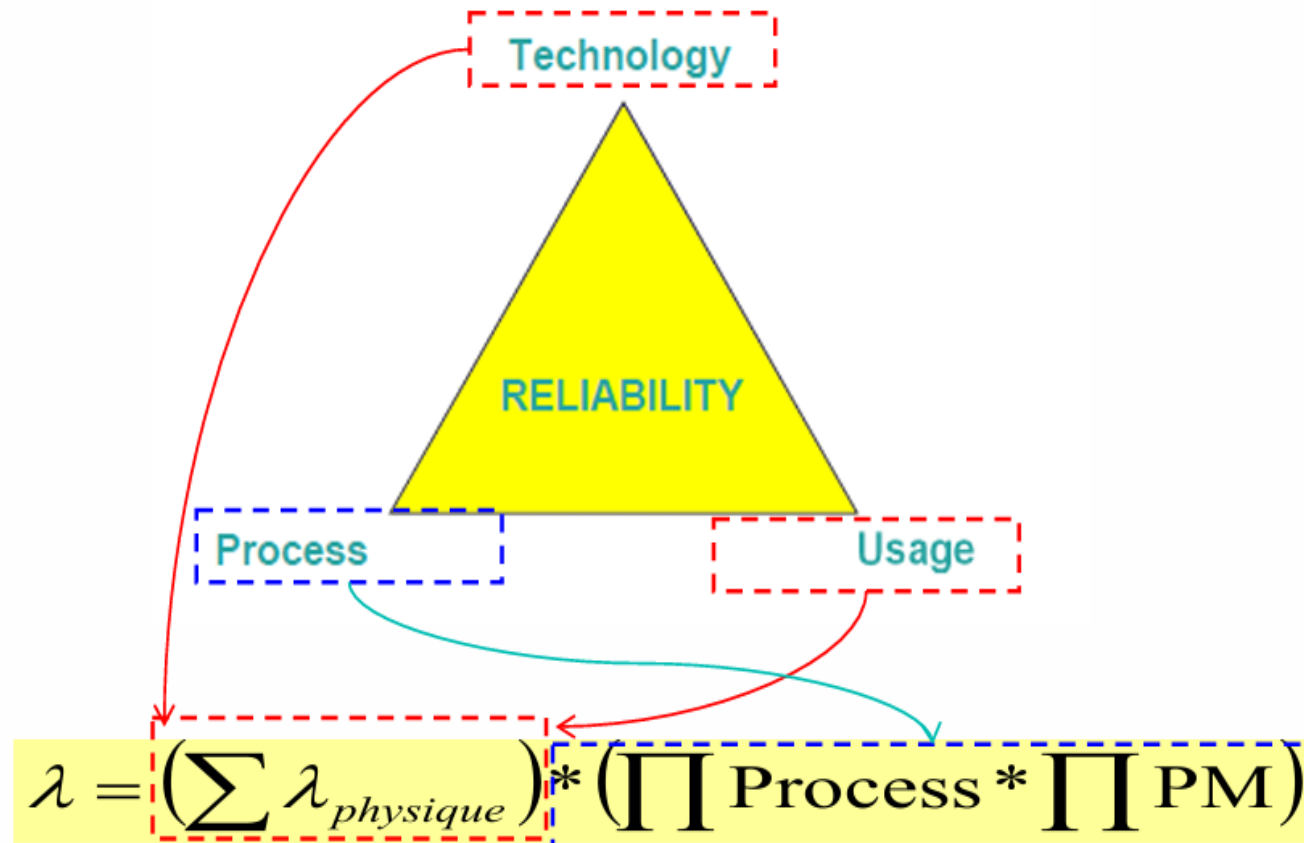
В.Б. Афанасьев

В статье предложена идеология проектирования автоматизированной информационной системы для обеспечения результативности системы менеджмента качества оборонного предприятия. На основе онтологического подхода определены технические решения по разработке системы управления базы данных, а также осуществлён выбор программных решений. Представлен инновационный программный продукт на основе нереляционных документно-ориентированных разработок.

Ключевые слова: качество, надёжность, информационная среда процессов СМК, программный комплекс, анализ статистической информации.

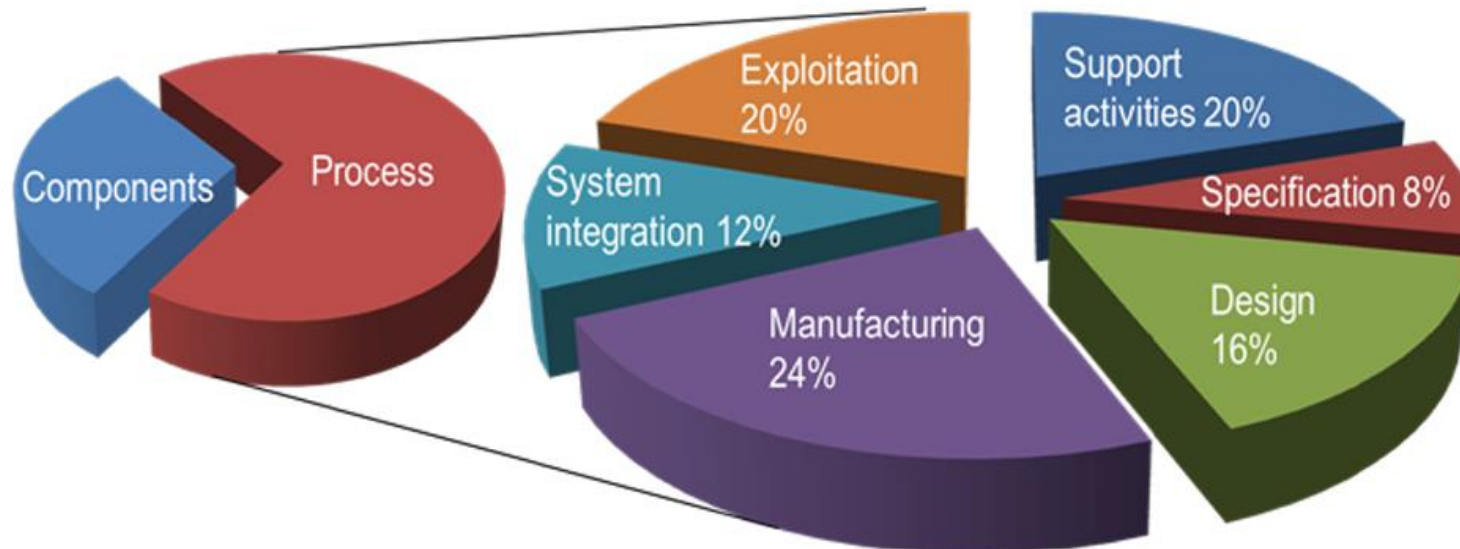


Анализ справочника FIDES



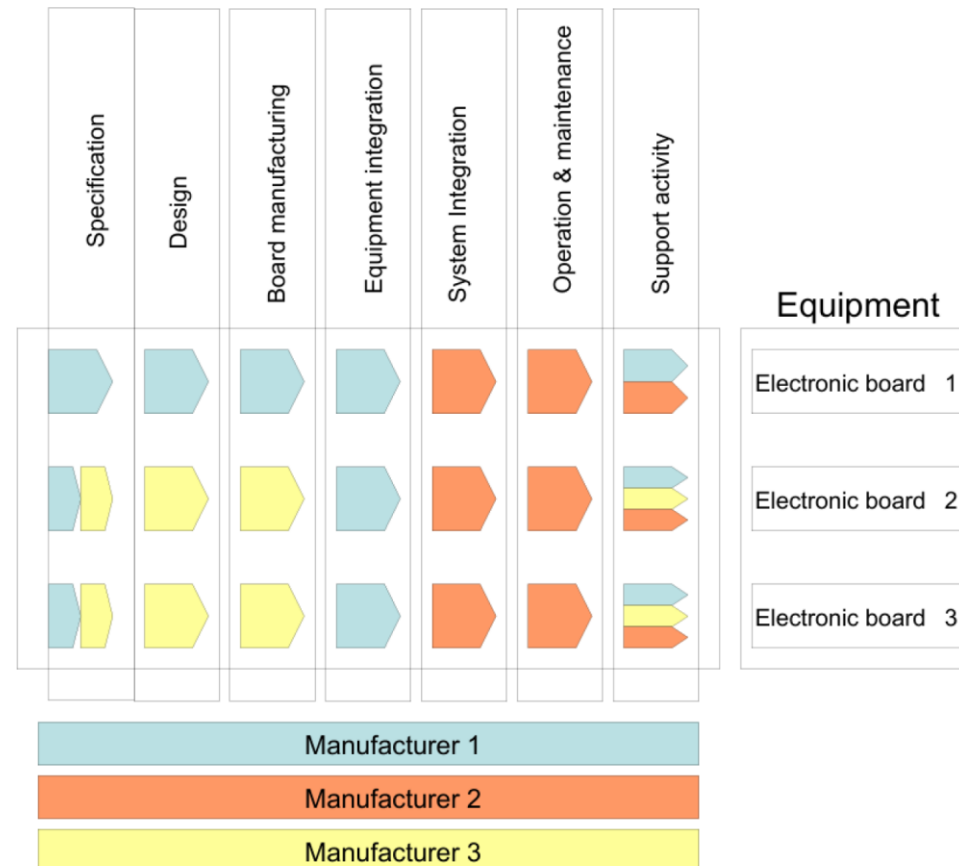


Статистика отказов согласно FIDES





Анализ справочника FIDES





Оценка надёжности при помощи FIDES

Level	Process	Π_{Process}	Process grade
Very high reliability	Process almost free of weaknesses	<1.7	> 75%
High reliability	Controlled process; reliability engineering	1.7 to 2.8	50% to 75%
Standard	Usual quality procedures e.g. ISO 9001 version 2000	2.8 to 4.8	25% to 50%
Low reliability	Reliability issues not taken into account	>4.8	<25%



Российский подход к оценке надёжности

СПРАВОЧНИК

Надёжность ЭРИ ИП



Редакция 2006 года

Группа изделий	Вид математической модели
Микросхемы цифровые Микросхемы аналоговые Микросхемы памяти Программируемые логические интегральные схемы Микропроцессоры	$\lambda_{\text{э}} = (\lambda_{\text{кр}} \cdot K_t + \lambda_{\text{корп}} \cdot K_{\text{э}}) \cdot K_{\text{пр}}$
Микросхемы GaAs СВЧ (GaAs MMIC)	$\lambda_{\text{э}} = (\lambda_{\text{кр}} \cdot K_t \cdot K_{\text{ф}} + \lambda_{\text{корп}} \cdot K_{\text{э}}) \cdot K_{\text{пр}}$
Микросхемы ПАВ	$\lambda_{\text{э}} = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{пр}}$



Российский подход к оценке надёжности

Уровень качества ИС	$K_{пр}$
Протестированные 10 температурными циклами (от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$) при электрической нагрузке	0,1
Более низкий уровень качества	1,0

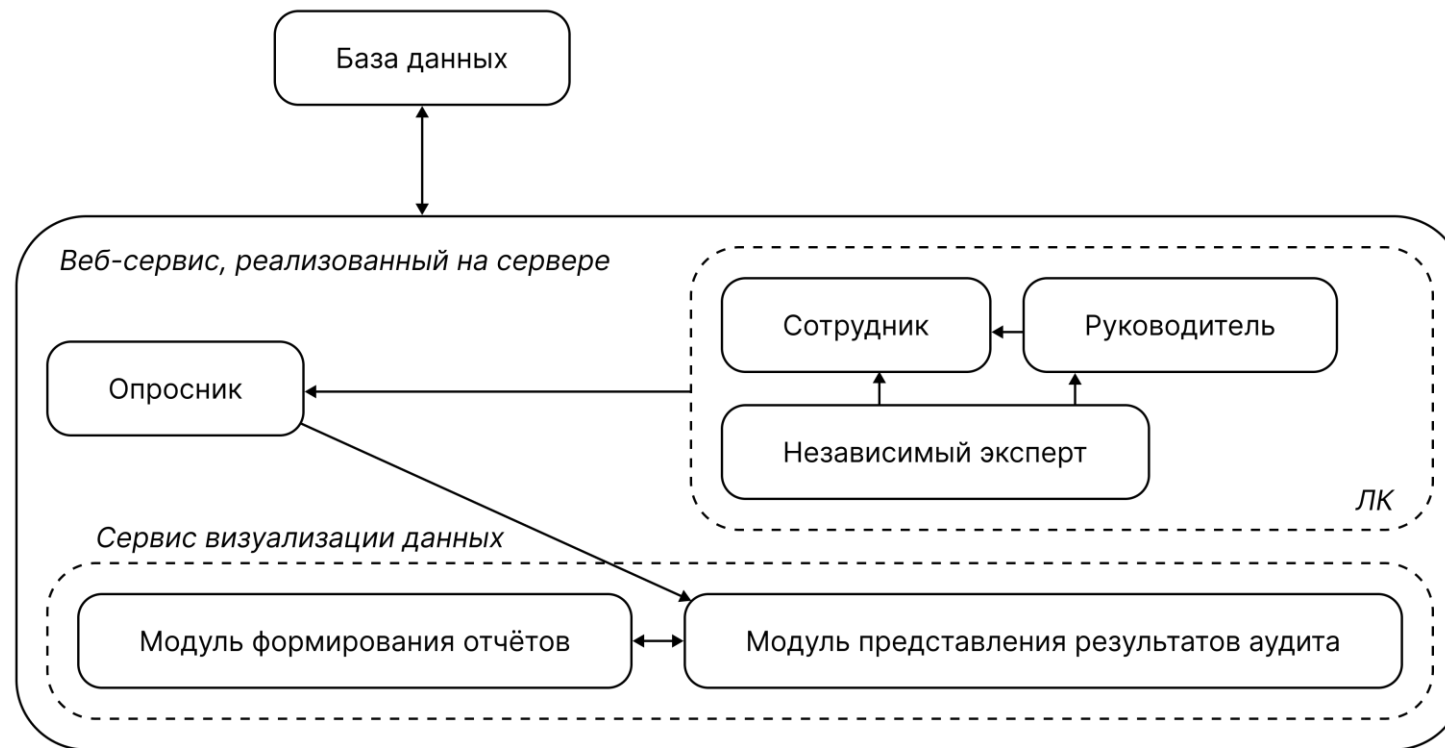


Коэффициент качества технологического процесса

Level	Process	Π_{Process}	Process grade
Very high reliability	Process almost free of weaknesses	<1.7	> 75%
High reliability	Controlled process; reliability engineering	1.7 to 2.8	50% to 75%
Standard	Usual quality procedures e.g. ISO 9001 version 2000	2.8 to 4.8	25% to 50%
Low reliability	Reliability issues not taken into account	>4.8	<25%

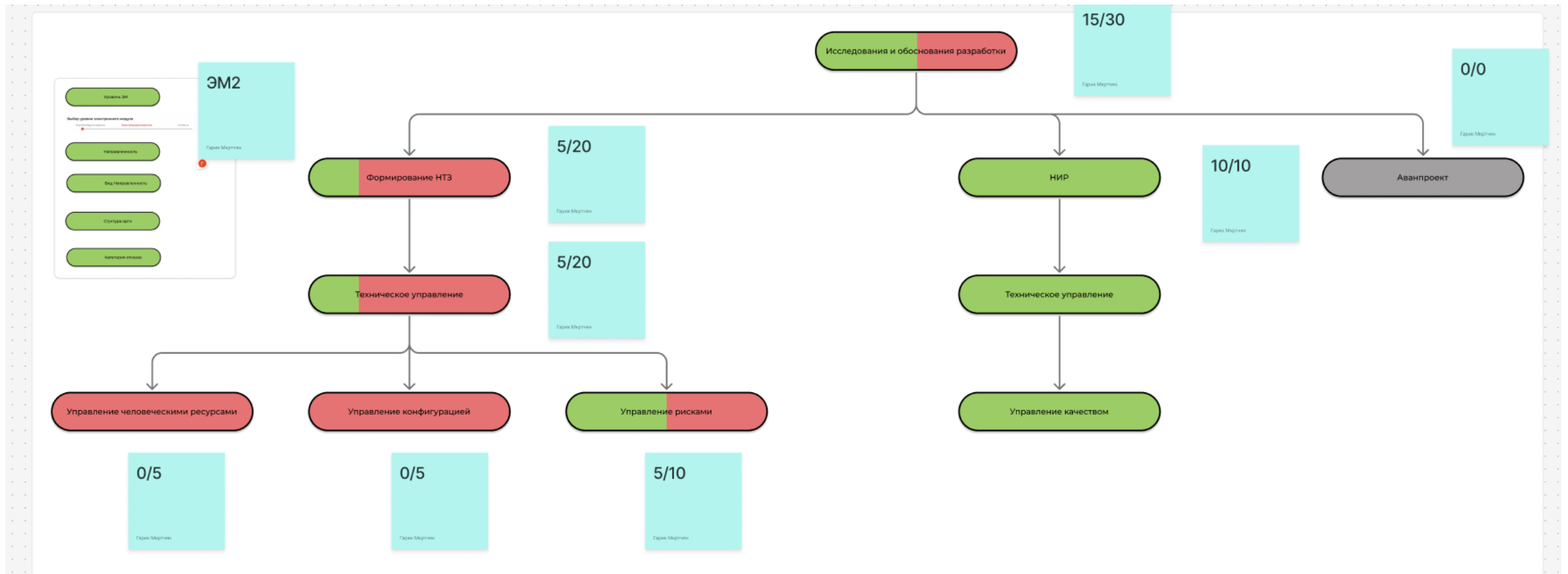


Структура экспертной системы





Опросник





Обзор экспертной системы





Обзор экспертной системы

Вопросы на этапе "ОКР" стадии
"Разработка"

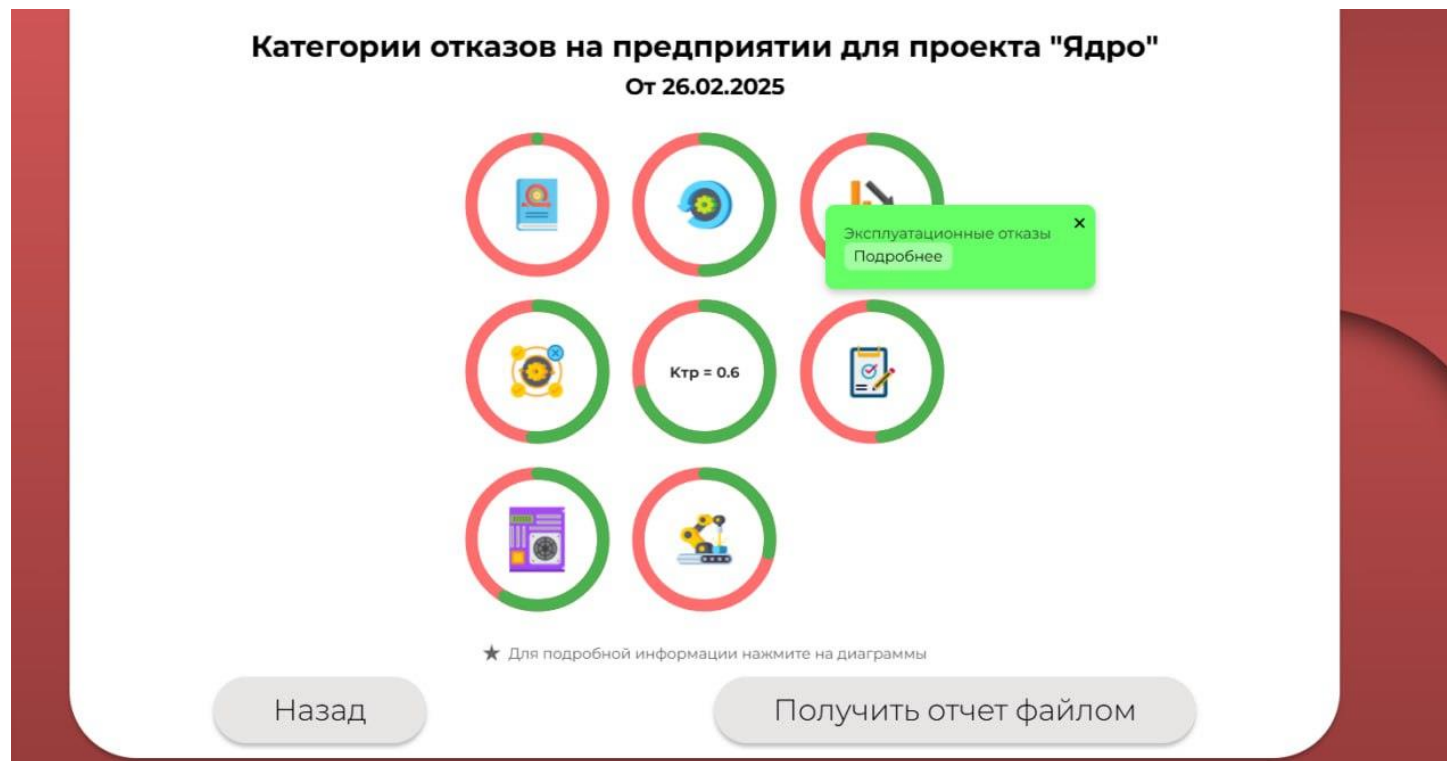
0 20 40 60 80 %

Приняты ли меры по учету эволюции форм-фактора деталей? Особенно это касается тех деталей, которые, как считается, могут измениться в течение срока эксплуатации системы.

Да Нет Далее



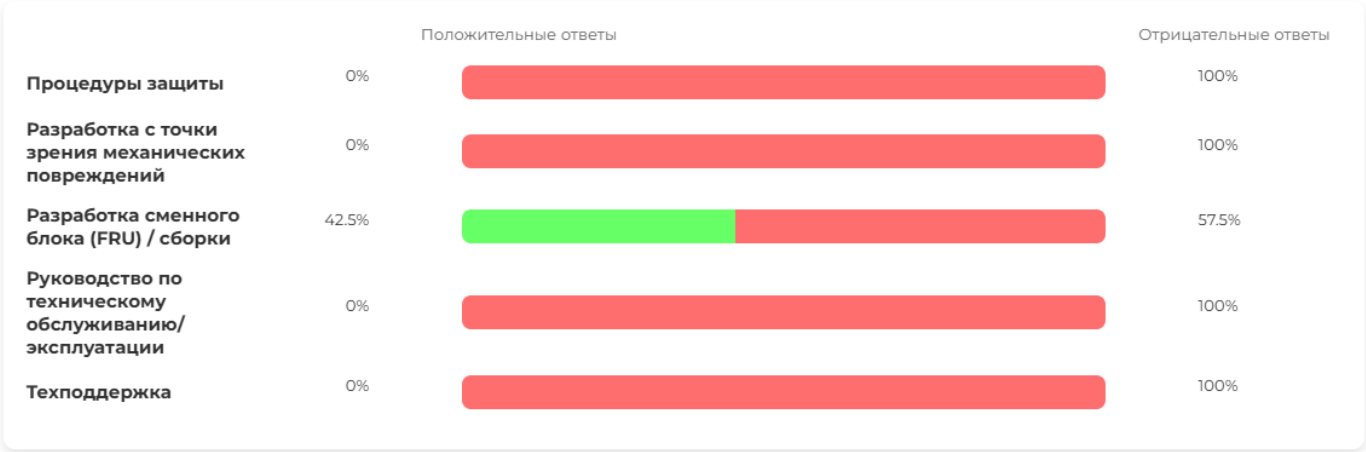
Обзор экспертной системы





Обзор экспертной системы

Производственные отказы



▸ Процедуры защиты

▸ Разработка с точки зрения механических повреждений

▸ Разработка сменного блока (FRU) / сборки



Обзор экспертной системы

▾ Разработка сменного блока (FRU) / сборки

▾ Положительные характеристики организации по данному направлению

Печатные платы (PWB) имеют конформное покрытие.

Печатная плата (PWB) имеет менее 6 слоев.

Печатная плата (PWB) достаточно маленькая, чтобы она не могла изгибаться или деформироваться при обращении и использовании.

Если это печатная плата (PWB), большинство компонентов крепятся с использованием методов, отличных от технологии поверхностного монтажа (SMT).

Интервал между паяными соединениями определен в мм.

▾ Отрицательные характеристики организации по данному направлению

Более жесткие допуски, чем 0.01 мм, для автоматизированных операций сборки не существуют.

Не проводится испытание на сгорание сменных блоков (FRU) в течение не менее 24 часов.

Это не односторонняя или двусторонняя плата.

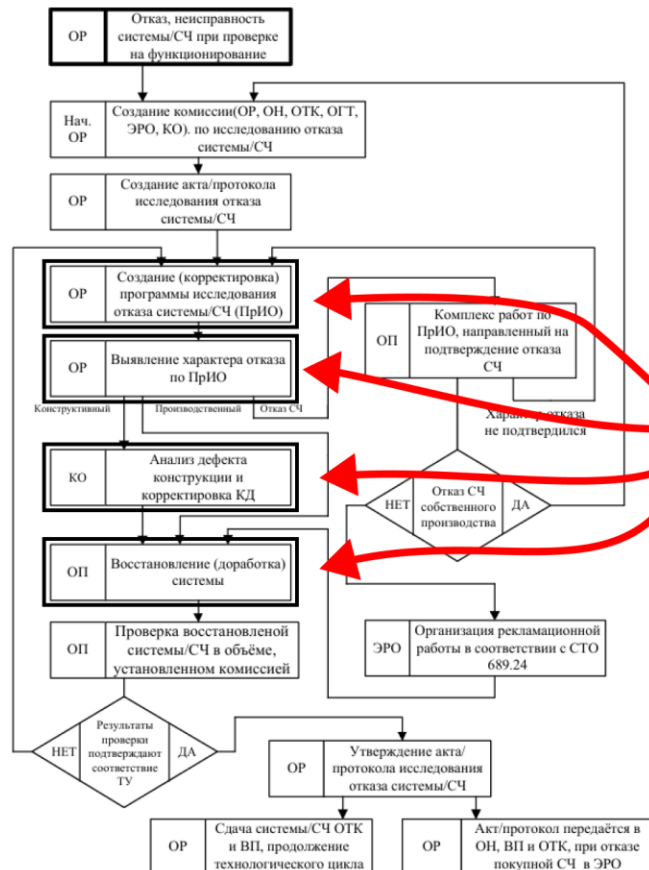
Технология BGA не исключается из этой конструкции.

Ваша организация ранее не внедряла технологию массива шариков (BGA) в конструкции.

При проектировании не использовались направляющие (стойки) для вставки карточек (печатных плат и т.д.).



Обзор экспертной системы



?

Регистрация

ФОРМАТ

Введите адрес электронной почты

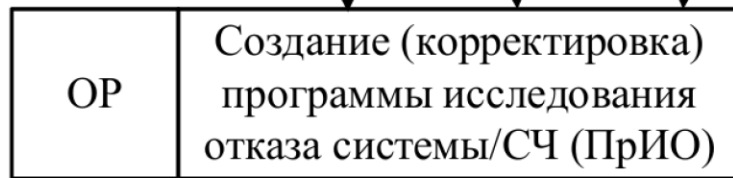
Введите пароль

Забыли пароль

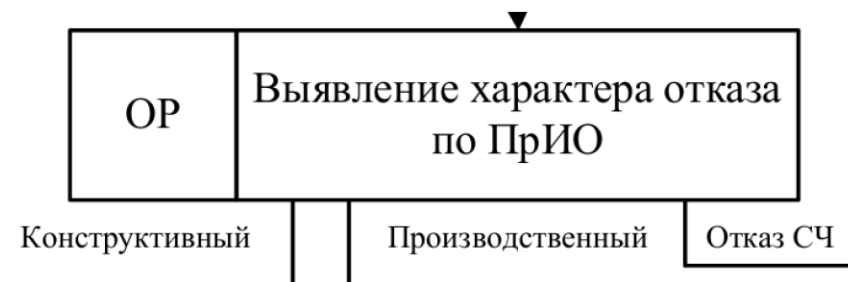
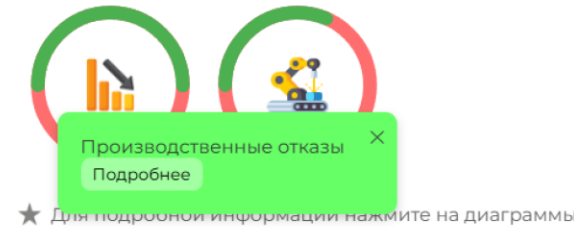
Перейти в личный кабинет



Обзор экспертной системы



Результаты этапа "Постановка изделия на производство" стадии "Производство"





Московский институт электроники
и математики им. А.Н. Тихонова

Департамент электронной
инженерии

Москва
2025

Научно-учебная группа **«Управление надёжностью на предприятиях»**

Доклад подготовлен в ходе проведения исследования
**Проект № 24-00-024 «Развитие методов
прогнозирования показателей надёжности электронных
модулей» в рамках Программы «Научный фонд
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2025 г.**

Комплексный подход к оценке надёжности ЭМ ТС



Буцкий Дмитрий Олегович
Студент 3-его курса ОП ИТСС