

PRAGMATICA



НАДЁЖНОСТЬ В ЦИФРАХ — ОТ ИДЕИ ДО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Нахимович А.М.

НИЦ “ПРИКЛАДНАЯ ЛОГИСТИКА”



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС PRAGMATICA



PRAGMATICA – программный комплекс для прогнозирования и подтверждения требуемого уровня надежности изделий на этапах ЖЦ. Он предоставляет интегрированную среду для информационного сопровождения процессов обеспечения надежности, обеспечивает коллективную разработку и управление проектными задачами.

Создаётся с учётом:

- ✓ стандартов, включая военные ГОСТ, и требований ФОИВ
- ✓ мировых технологических тенденций в сфере обеспечения надёжности
- ✓ практики российских предприятий-разработчиков сложной наукоёмкой продукции
- ✓ требований по защите объектов КИИ

2023 год - дата начала разработки.

2024 год - включение в реестр отечественного программного обеспечения

Реестровая запись: <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/2675226/>

На данный момент выполняются пилотные проекты на предприятиях **ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, МАШИНОСТРОЕНИЯ, АВИАСТРОЕНИЯ.**



ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ НА ПРАКТИКЕ

(СИСТЕМНЫЙ ПРОЦЕСС ПО СТАДИЯМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА)



СТАДИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Назначение целевых показателей надёжности
- Обоснование требований на уровне изделия и компонентов
- Формализация критериев функционирования, работоспособности, условий эксплуатации



СТАДИЯ РАЗРАБОТКИ

- Построение моделей надёжности
- Выбор расчётных методов
- Оценка и выбор конструктивных решений для обеспечения надёжности
- Расчет показателей надёжности
- Обоснование работ ТОиР



СТАДИЯ ПРОИЗВОДСТВА

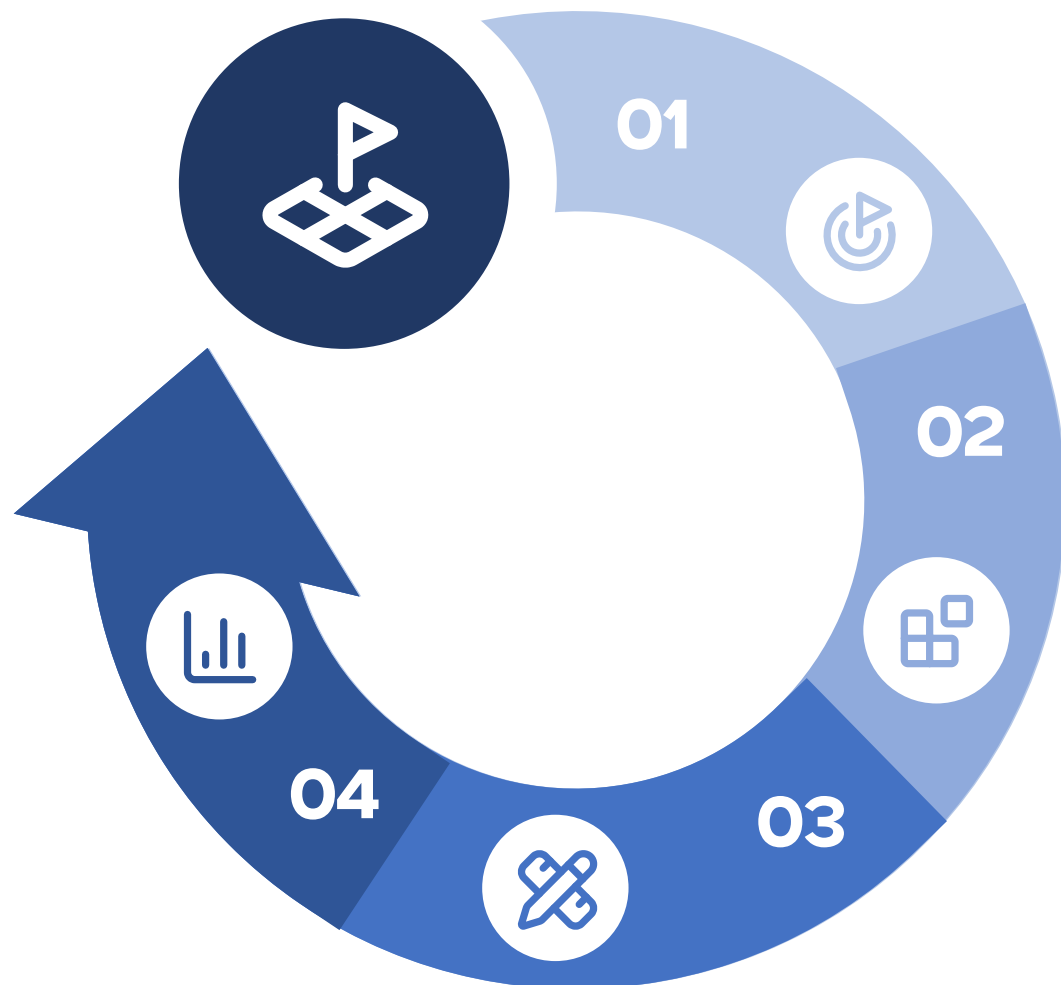
- Оценка и выбор производственно-технологических решений по критериям надёжности
- Контроль технологических процессов, влияющих на надёжность
- Испытания и подтверждение показателей надёжности



СТАДИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Мониторинг отказов и эксплуатационных нарушений
- Сбор, анализ и обработка данных FRACAS
- Оценка достигнутых показателей надёжности

ОТ ЗАДАЧИ К РЕШЕНИЮ: КАК РАБОТАЕТ PRAGMATICA



ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задание требования к надежности, сценариям эксплуатации, функциям изделия и т.д.
Определение методов и критериев соответствия.



ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ

Формирование моделей изделия. Параметризация проектных, производственных и эксплуатационных условий.
Планирование испытаний.



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА

Расчёт показателей надёжности по выбранной методике.
Учет производственных допусков и индивидуальных особенностей изделий.



АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТА

Проверка соответствия требований. Анализ критичных компонентов. Определение допустимости отклонений.



ПРИНЯТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО РЕШЕНИЯ

Корректировка требований, моделей и инженерных решений. Планирование корректирующих действий.
Актуализация модели по данным эксплуатации.

ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ PRAGMATICA



КЛЮЧЕВЫЕ МОДЕЛИ НАДЁЖНОСТИ В PRAGMATICA



СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Определяет корректную работу изделия и его компонентов, включая взаимодействие между элементами системы и их функциональные характеристики.



МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СЦЕНАРИЕВ И ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Учитывает различные режимы использования изделия, а также влияние внешних условий (климатических, механических, электромагнитных и др.) на его работоспособность.



МОДЕЛЬ ВОЗМОЖНЫХ ОТКАЗНЫХ СОСТОЯНИЙ ИЗДЕЛИЯ

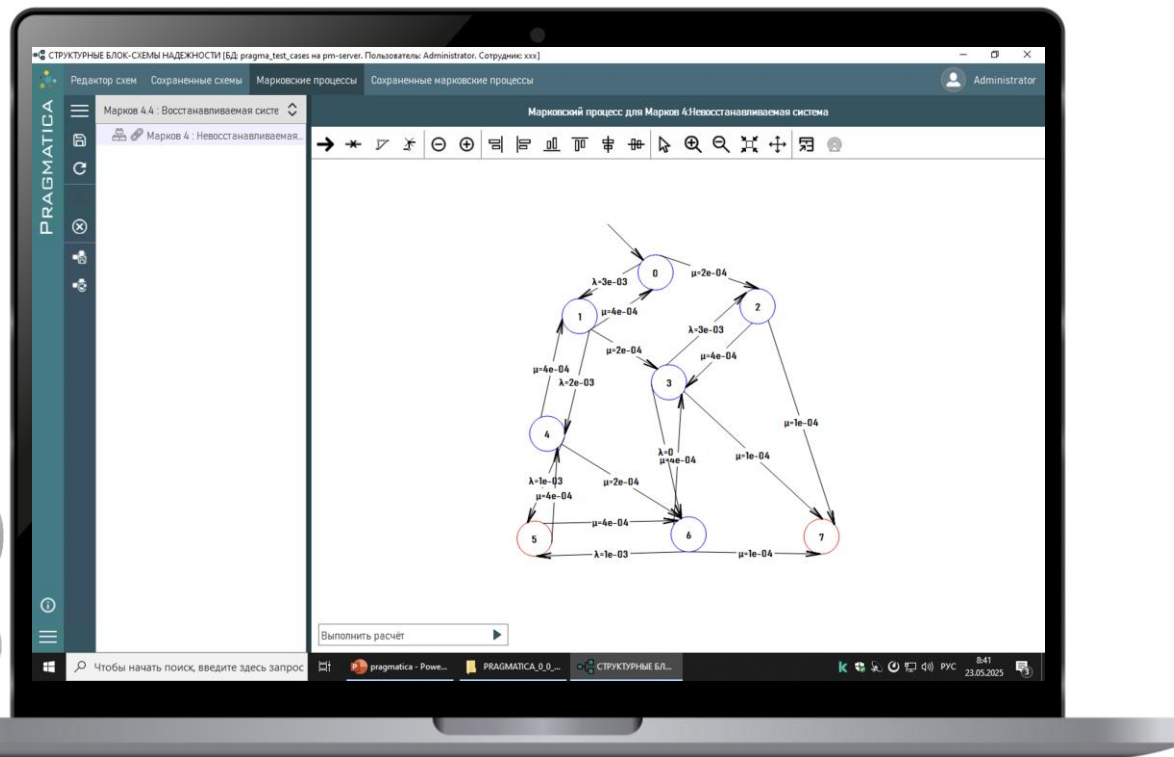
Анализирует потенциальные неисправности и отказы, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, включая их причины и последствия.



МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ (ТОиР)

Отражает логику восстановления работоспособности изделия после отказов с учётом предусмотренных мероприятий технического обслуживания и ремонта.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ



МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ТИПОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

PRAGMATICA поддерживает базу знаний типовых элементов конструкции для прогнозирования их надежности и видов отказов.

РАЗДЕЛЫ И ПОДРАЗДЕЛЫ

ТИПОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СВЕДЕНИЯ ОБ ИХ НАДЕЖНОСТИ

ТИПОВЫЕ ВИДЫ ОТКАЗОВ, УКАЗАННЫЕ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ

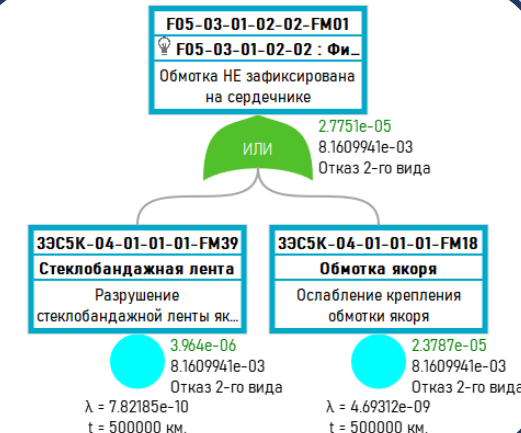
Введите текст для поиска...

Состав раздела Параметры Коэффициенты Модели Виды отказов

3 : Приборы оптоэлектронные

1 Излучатели видимого диапазона

Обозн...	Наименование	Ea, x	Ee	F	t	Примеч	Кусл	ГА	Рра...
ИПЛ-СВ	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЛ-С-П	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЛ-С-М	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЛ-Р-П	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЛ-Р-М	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПК-СВ	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПК-С-П	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПК-С-М	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПК-Р-П	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПК-Р-М	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЖ-СВ	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЖ-С-П	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЖ-С-М	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЖ-Р-П	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИПЖ-Р-М	АЕЯР.432230...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИП 06-27-Л-П	ЯШГК.432229...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИП 06-27-Л-М	ЯШГК.432229...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИП 06-27-К-П	ЯШГК.432229...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИП 06-27-К-М	ЯШГК.432229...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИП 06-27-Ж-П	ЯШГК.432229...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИП 06-27-Ж-М	ЯШГК.432229...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел
ИП 06-27-...	ЯШГК.432229...	0.7	0.6	60	25	5 : ВП	Оттапливаемое хранилище	1.1 : Аппаратура...	0.5 1 Раздел



МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ТИПОВЫХ ИЗДЕЛИЙ



РАЗДЕЛ СПРАВОЧНИКА

ФОРМУЛА МОДЕЛИ

База знаний формируется на основе собственных данных и(или) общепринятых методиках прогнозирования надежности типовых элементов.

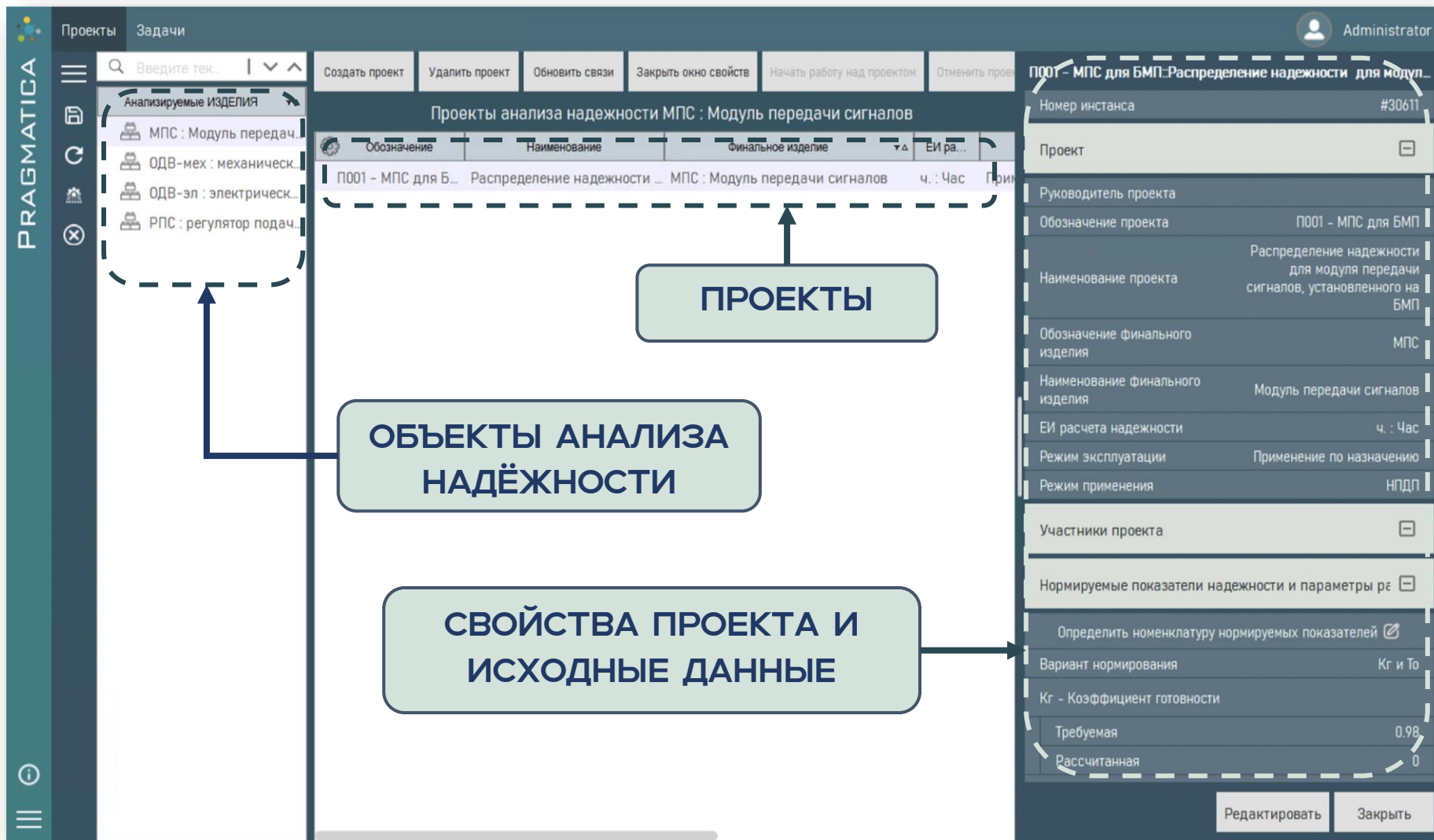
Результатом запроса в базу знаний является оценка интенсивности (ВБР) типового элемента при заданных режимах и условиях эксплуатации.

Состав раздела Параметры Коэффициенты Модели Виды отказов			
8 : Индикаторы знаковинтезирующие			
Создать коэффициент Удалить Открыть окно свойств Редактировать формулу Импорт из Excel			
Обозначение	Тип	Значение	Наименование
Ea	Совпадает с параметром	Ea, эВ	Энергия активации
Ea х	Совпадает с параметром	Ea х, эВ	Энергия активации при хранении
		$(8.617 \cdot 1e-05) \cdot ((1 / 343) - (1 / (t_{пер} + 273)))$	Коэффициента режима
		+ v	Коэффициент приемки
		+ v	Коэффициент учета условий хр...
		+ v	Коэффициент эксплуатации
			Мощность
			Допустимая мощность перехода...
			Отношение мощностей для расч...
			Разница между Pсниж и Pпер.м...
			Допустимая мощность снижения
			Тепловое сопротивление «перехо...
			Тепловое сопротивление «перехо...
			Температура окружающей среды
Rпер-корп	Совпадает с параметром	Rпер-корп	
Rпер-сп	Совпадает с параметром	Rпер-сп	
t	Совпадает с параметром	t, °C	
tкорп	Совпадает с параметром	tкорп	
tпер	Формула	$ж - R_{пер.макс} + ((P_{сн.п.м} = 0) * 1)) * P$	
tпер.макс	Совпадает с параметром	tпер.макс, °C	
tпер.макс1	Совпадает с параметром	tпер.макс1, °C	
tпер1	Формула	$t_{корп} + R_{пер-корп} * P$	Температуру перехода
tпер2	Формула	$((t_{пер.макс} - t_{сниж}) / (P_{сниж} - R_{пер.макс} + ((P_{сн.п.м} = 0) * 1))) * P$	Температуру перехода
tпер3	Формула	$t + \Delta t$	Температуру перехода
tсниж	Совпадает с параметром	tсниж, °C	Температуры перехода снижения
tсниж1	Совпадает с параметром	tсниж1, °C	Температуры перехода, начина...
Δt	Совпадает с параметром	Δt	Перегрев p-n перехо...

Наименование	Формула	Тип модели	Опим
λэ	$\lambda б * K_t * K_э * K_{пр}$	Интенсивность	

ПАРАМЕНТЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ



The screenshot displays the PRAGMATICA software interface. On the left, a sidebar lists 'Анализируемые ИЗДЕЛИЯ' (Analyzed Products) including 'МПС : Модуль передач', 'ОДВ-мех : механическ...', 'ОДВ-эл : электрическ...', and 'РПС : регулятор подач...'. The main area shows a table of 'Проекты анализа надежности МПС : Модуль передачи сигналов' (Reliability analysis projects for MPS: Signal transmission module). The table has columns for 'Обозначение' (Designation), 'Наименование' (Name), 'Финальное изделие' (Final product), and 'ЕИ ра...' (E.I. work...). A specific project is highlighted: 'П001 - МПС для Б... Распределение надежности ... МПС : Модуль передачи сигналов ч. : Час'. On the right, a detailed view of this project is shown, including fields for 'Номер инстанса' (Instance number), 'Проект' (Project), 'Руководитель проекта' (Project manager), 'Обозначение проекта' (Project designation), 'Наименование проекта' (Project name), 'Обозначение финального изделия' (Designation of final product), 'Наименование финального изделия' (Name of final product), 'ЕИ расчета надежности' (E.I. reliability calculation), 'Режим эксплуатации' (Operating mode), 'Режим применения' (Application mode), 'Участники проекта' (Project participants), 'Нормируемые показатели надежности и параметры ре...' (Normative reliability indicators and parameters), 'Определить номенклатуру нормируемых показателей' (Determine nomenclature of normative indicators), 'Вариант нормирования' (Norming variant), 'Кг - Коэффициент готовности' (Kg - Availability coefficient), 'Требуемая' (Required), 'Рассчитанная' (Calculated), 'Редактировать' (Edit), and 'Закрыть' (Close).

ПРОЕКТЫ

ОБЪЕКТЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ

СВОЙСТВА ПРОЕКТА И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

PRAGMATICA организует данные в виде проектов.

В каждом проекте формулируются задачи, определяются объекты анализа, исходные данные (требования, режимы условия и сценарии эксплуатации) и консолидируются результаты расчетов.

ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ

Поиск	
▼ Определение варианта нормирования	
Возможность возникновения отказов Изделия с катастрофическими последствиями	Нет
Назначение Изделия	ИОН
Вид Изделия по возможным состояниям	Вид I
Режим применения (функционирования) Изделия	МКЦП
Возможность восстановления работоспособного состояния Изделия после отказа	ВО
Возможность (необходимость) ТО Изделия	ОБ
Требования по продолжительности восстановления	ООДВ
Вариант нормирования	Кти и То

НОРМИРОВАНИЕ

▼ Нормирование	
Определить номенклатуру нормированных показателей с учетом ГОСТ 27.003 и ГОСТ РВ 27.3.01	
Вариант нормирования	Кти и То
Нормируемые показатели	
Кти - Коэффициент технического использования	0.97
То - Средняя наработка до отказа	1.08e+07
Дополнительные параметры нормирования	
t_бр - Нарботка, на которую задают ВБР	500000
T_n_тоир/t_n_тоир - Доля продолжительности плановых работ за цикл ТОиР *	0.0301
K_пп - Коэффициент планируемого применения	1
▼ Требуемые показатели надежности	
Значение наработки, на которую был выполнен расчет	500000
Коэффициент для расчета гамма процентной наработки	0
Время для расчета восстановления	24
Коэффициент для расчета гамма процентного времени восстановления	0
Коэффициент планируемого применения	1
Доля продолжительности плановых работ за цикл ТОиР	0.0301
► Показатели безотказности	
► Показатели ремонтопригодности	
► Комплексные показатели	

РАСЧЕТ

▼ Требуемые	
Значение наработки, на которую был выполнен расчет	500000
Коэффициент для расчета гамма процентной наработки	0
Время для расчета восстановления	24
Коэффициент для расчета гамма процентного времени восстановления	0
Коэффициент планируемого применения	1
Доля продолжительности плановых работ за цикл ТОиР	0.0301
▼ Показатели безотказности	
Тип распределения	Экспоненциальное
Нарботка до отказа	1.08e+07
Вероятность безотказной работы	0.954759029
Интенсивность отказов	9.259259259e-08
Средняя интенсивность отказов	9.259259259e-08
Гамма процентная наработка до отказа	1e+308
Параметр потока отказов в момент наработки	9.259259259e-08
Средний параметр потока отказов	0.046296296
► Показатели ремонтопригодности	
▼ Комплексные показатели	
Коэффициент готовности (стационарный)	0.99917285
Коэффициент оперативной готовности (стационарный)	0.95396299
Коэффициент технического использования изделия ВТ (стационарный)	0.97

PRAGMATICA позволяет определить номенклатуру нормируемых показателей надежности с учетом требований ГОСТ 27.003 и ГОСТ РВ 0027-301

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Структура изделия Структура функций Связь изделий и функций

Введите текст д. .

PRAGMATICA

- Пример двигателя
- Результаты импорта
- Финальные изделия
- Д1 для РПН
- Л1: Локомотив
 - F01: Организация внутреннего пространства подвижного состава
 - F02: Обеспечение безопасности подвижного состава (для эксплуатирующего персонала)
 - F03: Обеспечение комфортных и безопасных условий для эксплуатирующего персонала
 - F04: Обеспечение сцепки единиц подвижного состава
 - F05: Обеспечение подвижного состава энергией всех видов
 - F05-01: Обеспечение электрической энергией для тяги
 - F05-02: Обеспечение гидравлической энергией для тяги
 - F05-03: Обеспечение механической энергией для тяги
 - F05-03-01: Производство механической энергии на борту
 - F05-03-01-01: Формирование магнитного поля
 - F05-03-01-01-01: Формирование основного магнитного поля
 - F05-03-01-01-02: Формирование добавочного магнитного поля
 - F05-03-01-01-03: Формирование компенсирующего магнитного поля
 - F05-03-01-02: Генерация вращающего момента
 - F05-03-01-03: Электрическое соединение щеточно-коллекторного узла
 - F05-03-01-04: Обеспечение крепления элементов двигателя
 - F05-03-01-05: Распределение потока охлаждающего воздуха
 - F05-03-01-06: Обеспечение устойчивого вращения, центровка и опора якоря относительно
 - F05-03-01-07: Обеспечение необходимого положения якорных подшипников относительно
 - F05-03-01-08: Обеспечение защиты двигателя от воздействия внешней среды
 - F05-03-01-09: Коммутация полюсов и якоря с внешними цепями
 - F05-04: Обеспечение химической энергией топлива для тяги
 - F05-05: Обеспечение электрической энергией для собственных нужд
 - F05-06: Обеспечение гидравлической энергией для собственных нужд

Ф05-03-01-01: Формирование магнитного поля

Поиск

Номер инстанса #25860

Функция

ЛКН F05-03-01-01

Наименование Формирование магнитного поля

Описание Создание магнитного потока для взаимодействия с якорем

Связанные объекты

Структура изделия Структура функций Связь изделий и функций

Введите текст д. .

PRAGMATICA

Неклассифицированные

Пример двигателя

Результаты импорта

Финальные изделия

Д1 для РПН

Л1: Локомотив

Л1-04: 04: Тяговое электрооборудование

04-01: Тяговый электродвигатель: Л1-04-01

Л1-04-01-01: Якорь

Л1-04-01-01-01: Вал якоря: Л1-04-01-01-01-01

Л1-04-01-01-01-02: Обмотка якоря: Л1-04-01-01-01-02

Л1-04-01-01-01-03: Коллектор якоря: Л1-04-01-01-01-03

Л1-04-01-01-01-04: Нажимная шайба: Л1-04-01-01-01-04

Л1-04-01-01-01-05: Стеклобандажная лента: Л1-04-01-01-01-05

Л1-04-01-01-01-06: Втулка якоря: Л1-04-01-01-01-06

Л1-04-01-01-01-07: Сердечник якоря: Л1-04-01-01-01-07

Л1-04-01-02: Щеточный аппарат

Л1-04-01-03: Полюс главный

Л1-04-01-04: Компенсационная обмотка

Л1-04-01-05: Полюс дополнительный

Л1-04-01-06: Моторно-якорный подшипник

Л1-04-01-07: Подшипниковый щит

Л1-04-01-08: Л1-04-01-02-03: Остов

Л1-04-01-09: Выводная коробка

04-02: Пусковые и тормозные резисторы: 04-02

01: Механическая часть: Л1-01

02: Электромонтаж электрических цепей: Л1-02

03: Монтаж пневматических сетей: Л1-03

05: Вспомогательное электрооборудование: Л1-05

СТРУКТУРА ИЗДЕЛИЯ

КАРТОЧКА СВОЙСТВ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

ДРЕВОВИДНАЯ СТРУКТУРА

ДАННАЯ
ФУНДАМЕНТОМ
НАДЕЖНОСТИ

МОДЕЛЬ
ДЛЯ ВСЕГО
СОСТОИТ

ЯВЛЯЕТСЯ
АНАЛИЗА
ИЗ ДВУХ
ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ЧАСТЕЙ.

Л1-04-01-01-02: Обмотка якоря: Л1-04-01-01-02

Поиск

Наименование элемента ЛСИ

Описание

Метод эксплуатации элемента ЛСИ Не указан

Признак конструктивно-сменного блока Не указан

Код СНК (SNS) A2-00-00:Силовая установка

Количество в изделии 1

Компонент идентификация

Компонент классификация

Особенности учёта наработки

ЕИ расчета надежности км.: Километр

Показатели надежности

Функции

F05-03-01-02-01: Генерация электромагнитного поля якоря

Расчитанная норма расхода

Ресурсы

Виды отказов %

Надежность

Л1: Расчет надежности

Значение наработки, на которую был выполнен расчет 500000

Время для расчета восстановления 24

Редактировать Закрыть

ТИПЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

PRAGMATICA

Распределение безотказности

Сохраненные расчеты

Л1 : Расчет надежности

☒ Равномерное ☐ Ранжированное

Состав изделия

10 : Радиоэлектронные средства :: Л1-10

11 : Устройства безопасности движения

ВБР

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ

**СР. НАРАБОТКА
ДО ОТКАЗА**

СТРУКТУРА ОБЪЕКТА АНАЛИЗА

Назначенные	
▼ Показатели безотказности	
Тип распределения	Экспоненциальное
Наработка до отказа	Экспоненциальное
Вероятность безотказной работы	Нормальное
Интенсивность отказов	Вейбулла-Гнеденко
Средняя интенсивность отказов	Гамма
Гамма процентная наработка до отказа	Усечённое нормальное
Параметр потока отказов в момент наработки	Логнормальное
Средний параметр потока отказов	1.74853e-03

[illegible]

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ НАДЕЖНОСТИ

ПОСТРОЕНИЕ ССН
ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПО
ГОСТ МЭК 61078

ПАРАМЕТРЫ РАСЧЕТА

Проект	Л1 : Расчет надежности
Система	Л1-04-01-02 : Щеточный аппарат
Тип расчёта	Аналитический расчёт
Тип показателей	Назначенные
Значение наработки за цикл, км.	500000
Значение средней наработки по умолчанию	1e+06
Рекурсивный	☐

Объект	Тип показателей	Вероятность ...	Ср. наработк...	Тип распределения
ИП1_ЩА : Изоляционн...	Назначенные	0.999190209	6.17193e+08	Экспоненциальное
КР1_ЩА : Кронштейн ...	Назначенные	0.999851024	3.35599e+09	Экспоненциальное
Л1-04-01-02-03-01 : ...	Назначенные	0.998548425	3.442032727...	Экспоненциальное
Л1-04-01-02-03-02 : ...	Назначенные	0.994947209	9.8705e+07	
Л1-04-01-06-01 : Щет...	Назначенные	0.998982437	4.9112e+08	
НП1_ЩА : Нажимной ...	Назначенные	0.999770337	2.176856532...	
ПР1_ЩА : Пружина Щ...	Назначенные	0.999888266	4.47465e+09	

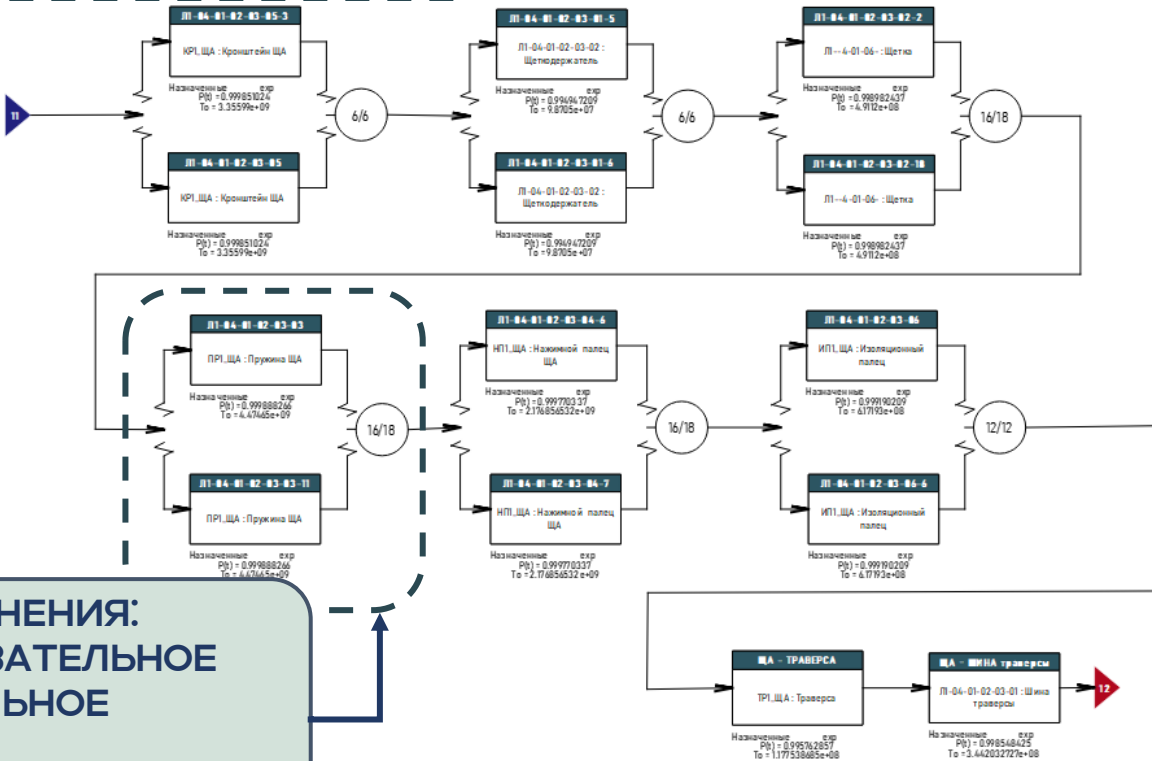
СТРАНИЦЫ И ССЫЛКИ

- Л1 : Расчет надежности
- Л1 : Локомотив
- Л1-04 : 04 :: Тяговое электроо...
- 04-01 : Тяговый электроо...
- Л1-04-01-01 : Якорь

ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ

Структурная схема надежности для Л1-04-01-02:Щеточный аппарат

Страница 7 - Л1-04-01-02 : Щеточный аппарат



- ТИПЫ СОЕДИНЕНИЯ:
- ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ
 - ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ
 - М ИЗ N
 - РЕЗЕРВ

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

АНАЛИЗИРУЕМЫЕ
ФУНКЦИИ

ВИД ОТКАЗА

НАСТРОЙКИ АНАЛИЗА

ПРЕДЕЛЬНАЯ
ВЕРОЯТНОСТЬ

РАССЧИТАННАЯ
ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКАЗА

Оценка опасностей при функционировании (FHA) Оценка фу

Отбрасывать только кри

Структура Дерево неисправностей

Функция	Вид отказа	Этапы режима применения	Опасная ситуация	Предельная вероятность ОС	Расчитанная вероятность отказа
F05 : Обеспечение ...	F05-FM1 : Отсутствие энергии определенного ви...	Все этапы	Отказ 2-го вида	8.1609941e-03	8.1e-03
F05-03 : Обеспечение ...	F05-03-FM2 : Ухудшение обеспечения механическо...	Все этапы	Отказ 2-го вида	8.1609941e-03	5.9e-04
F05-03 : Обеспечение ...	F05-03-FM1 : Отсутствие механическая энергия для...	Все этапы	Отказ 2-го вида	8.1609941e-03	8.1e-03
F05-03-01 : Производство...	F05-03-01-FM2 : Предотказное состояние пр...	Все этапы	Отказ 3-го вида	4.812687e-04	5.9e-04
F05-03-01-03 : Электрическо...	F05-03-01-03-FM02 : Предотказное состояние эл...	Все этапы	Отказ 3-го вида	4.812687e-04	8.09e-05
F05-03-01-06 : Обеспечение ...	F05-03-01-06-FM02 : Предотказное состояние по...	Все этапы	Отказ 3-го вида	4.812687e-04	4.08e-06

Оценка опасностей при функционировании(FHA) АВПО/АВПО

Предельные вероятности для видов опасных ситуаций

Обозначение	Наименование	Вероятность	Является критической
Отказ 2-го вида	Техническое состояние электровагона, которое вызвало задержку поезда на перегоне или на станции сверх времени следования, установленного графиком движения, на один час и более, или вызов вспомогательного локомотива.	8.1609941e-03	☒
Отказ 3-го вида	Техническое состояние электровагона, которое вызвало его постановку на неплановый ремонт.	4.812687e-04	☐

PRAGMATICA позволяет проводить оценку функций изделия или системы с целью выявления и классификации потенциальных отказных состояний, которые могут возникнуть из-за нарушения или потери функции, а также как результат реакции системы на необычные или штатные внешние факторы (включая выполнение AFHA / SFHA по P-4761(A)) .

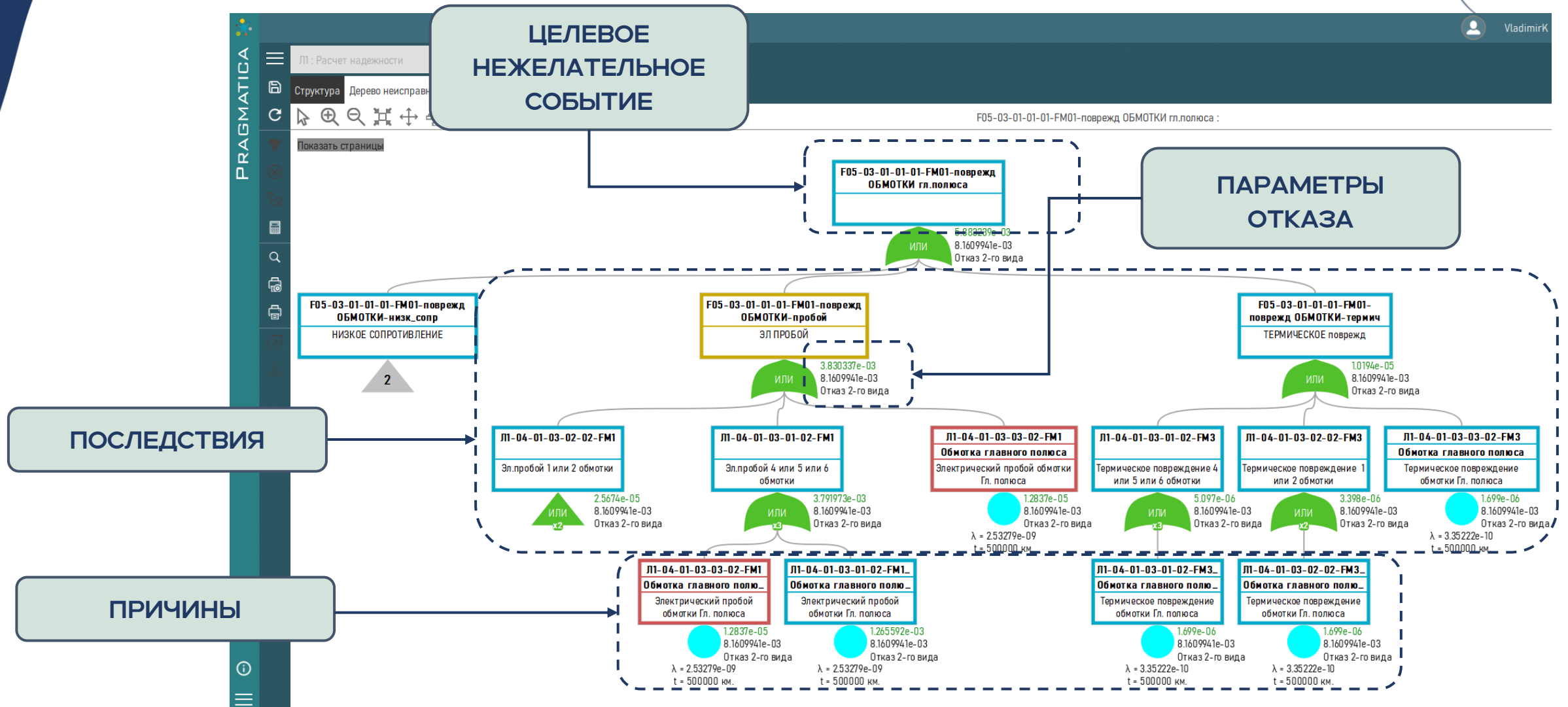
АНАЛИЗА ВИДОВ, ПОСЛЕДСТВИЙ И КРИТИЧНОСТИ ОТКАЗОВ



Оценка опасностей при функционировании(ФНА)			АВПО/АВПКО		Настройки анализа		РАСЧЕТНАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ		ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗА			ОЦЕНКА ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗА			
Структура		Дерево неисправностей													
ЭЛЕМЕНТ ФИ		ВИД ОТКАЗА		КТПО		Расчетная вероятность		ОЦЕНКА ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗА							
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM30 : Разрушение траверсы		Отказ 2-го вида		5.55e-16		4 : явный отказ		F05-03-01-03-06-FM0...		1 : Практически невер...		28	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM23 : Ослабление креплени...		Отказ 2-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		70	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM20 : Разрушение поворотн...		Отказ 2-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		70	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM5 : Ослабление крепления ...		Отказ 2-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		70	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM1 : Ослабление крепления ...		Отказ 2-го вида		2.72e-05		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		70	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM18 : Разрушение фиксирую...		Отказ 2-го вида		2.27e-06		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		70	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM19 : Разрушение разжимног...		Отказ 2-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		70	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM17 : Разрушение стопорного...		Отказ 2-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		70	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM3 : Загрязнение траверсы ...		Отказ 3-го вида		5.55e-16		8 : Скрытый отка		F05-03-01-03-06-FM0...		1 : Практически невер...		24	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM21 : Смещение траверсы ЩА		Отказ 3-го вида		2.27e-05		8 : Скрытый отка		F05-03-01-03-06-FM0...		1 : Практически невер...		24	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM15 : Деформация поворотн...		Отказ 3-го вида		0.362		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		9 : Большая вероятнос...		30	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM25 : Смещение фиксирующ...		Отказ 3-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		30	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM12 : Деформация стопорног...		Отказ 3-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		30	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM13 : Деформация фиксиру...		Отказ 3-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		30	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM14 : Деформация разжимн...		Отказ 3-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-09-FM0...		1 : Практически невер...		30	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM15 : Деформация поворотн...		Отказ 3-го вида		0.362		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-FM02 : ...		9 : Большая вероятнос...		30	
	TP1_ЩА : Траверса	ЛП-04-01-02-03-FM25 : Смещение фиксирующ...		Отказ 3-го вида		5.55e-16		10 : Скрытый отк		F05-03-01-03-FM02 : ...		1 : Практически невер...		30	

АВПКО ВЫПОЛНЯЕТСЯ В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ 27.310 ИЛИ АДАПТИРУЕТСЯ ПОД ОТРАСЛЕВУЮ МЕТОДИКУ

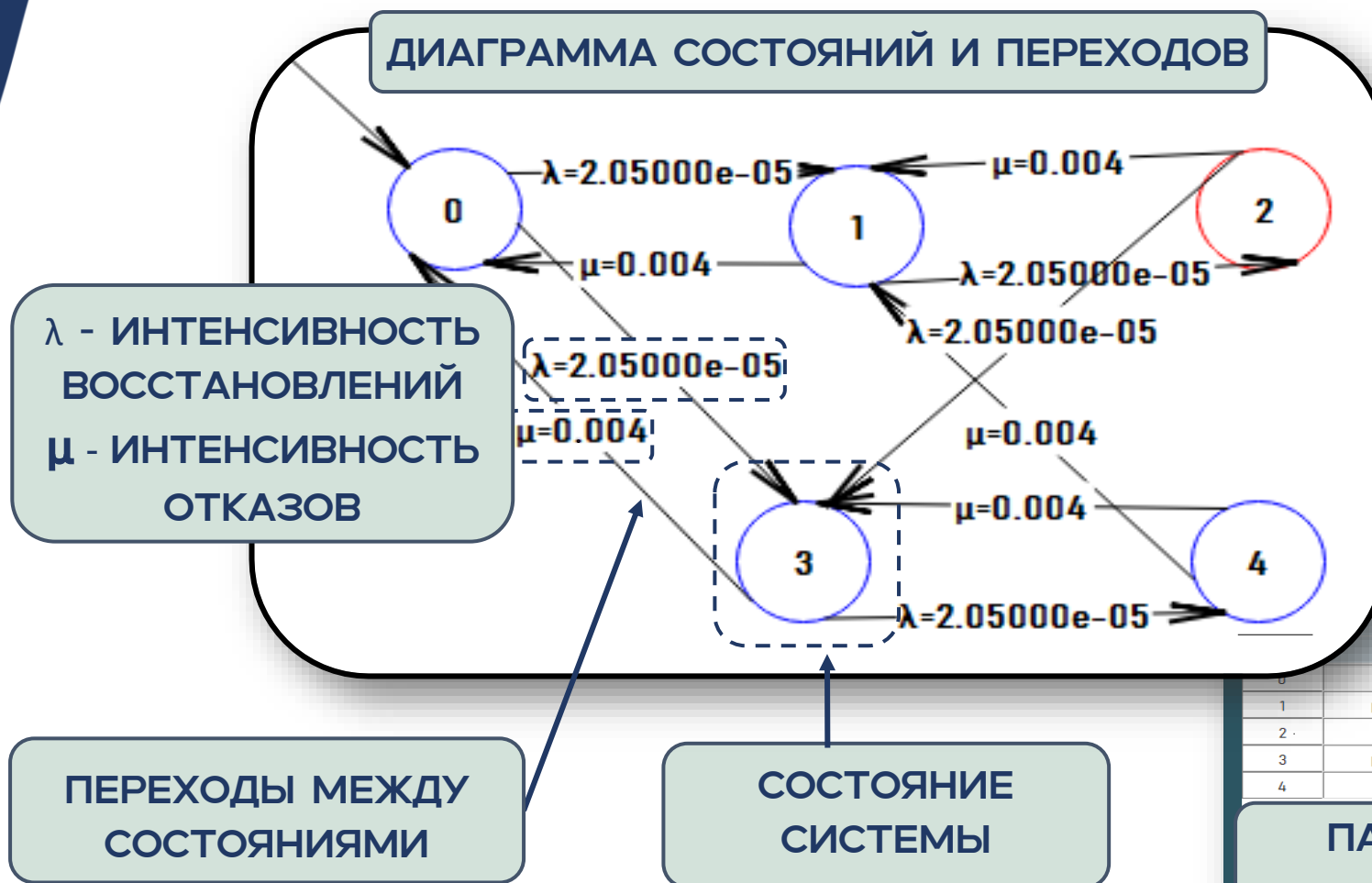
ДЕРЕВО ОТКАЗОВ



ПРИ ПОСТРОЕНИИ ДЕРЕВА ОТКАЗОВ УЧИТЫВАЮТСЯ ТРЕБОВАНИЯ
ГОСТ 27.302-2009

МАРКОВСКИЙ АНАЛИЗ

Марковские процессы описывают вероятностные переходы между работоспособными и неработоспособными состояниями системы, и моделируют надежность восстанавливаемых



ПО01 - МПС для БМП : Распределение надежности для модуля передачи сигналов, установленного на БМП

МПС : Модуль передачи сигналов

2400

100

системы ОДУ

Схема Рунге-Кутты 4 порядка (1)

0

Переход в состояние

	0	1	2	3	
0	-	$\lambda = 2.05000e-05$	$\lambda = 0$	$\lambda = 2.05000e-05$	
1	$\mu = 0.004$	-	$\lambda = 2.05000e-05$	$\lambda = 0$	
2	$\mu = 0$	$\mu = 0.004$	-	$\lambda = 2.05000e-05$	
3	$\mu = 0.004$	$\mu = 0$	$\mu = 0$	-	λ
4	$\mu = 0$	$\mu = 0.004$	$\mu = 0$	$\mu = 0.004$	

ПАРАМЕТРЫ МАРКОВСКОГО АНАЛИЗА

МАРКОВСКИЙ АНАЛИЗ ВЫПОЛНЯЕТСЯ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ Р 51901.15

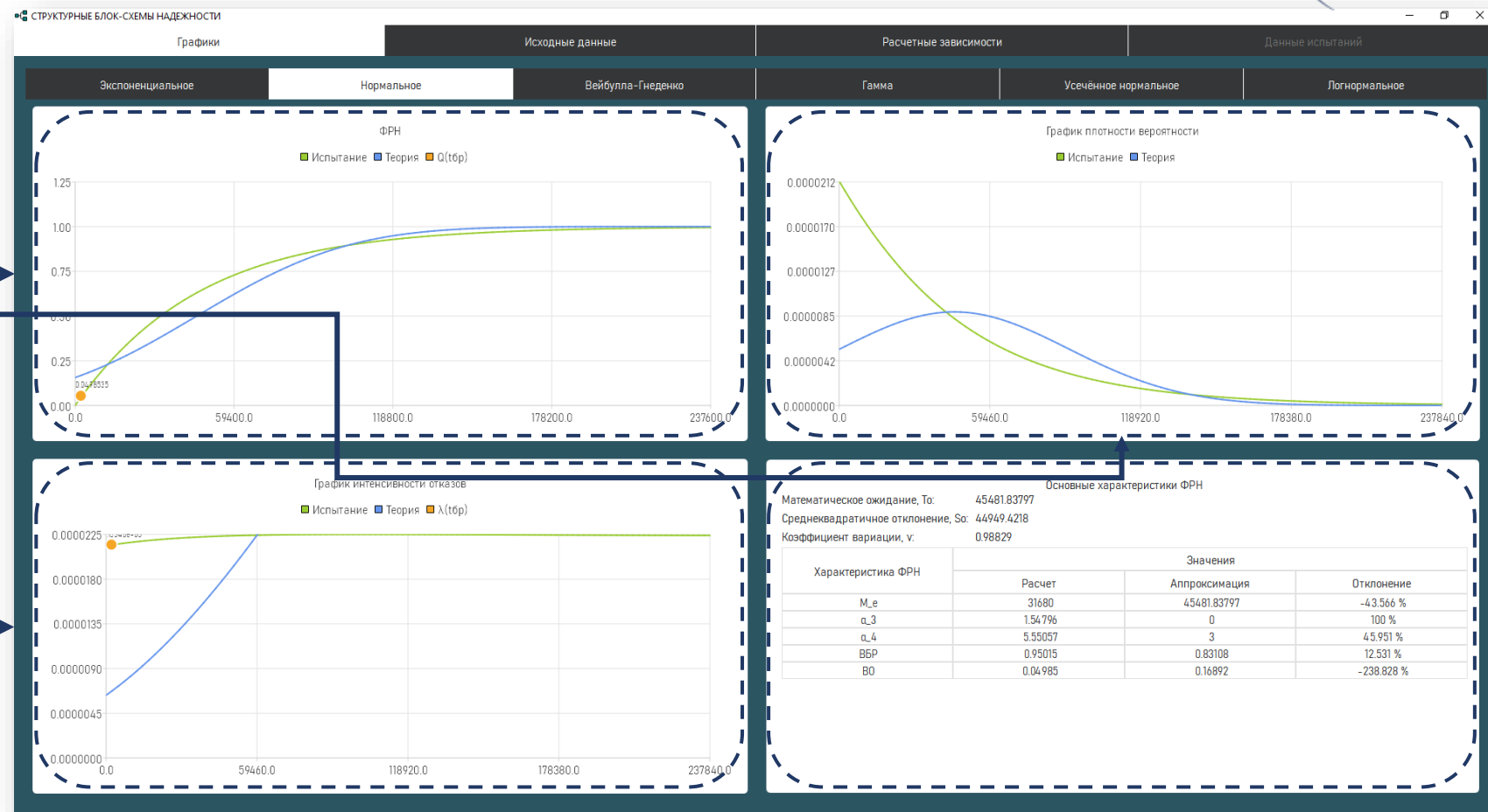
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСЧЁТОВ

ГРАФИК ФУНКЦИИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ

ГРАФИК ФУНКЦИИ
ПЛОТНОСТИ
ВЕРОЯТНОСТИ

ГРАФИК ФУНКЦИИ
ИНТЕНСИВНОСТИ
ОТКАЗОВ

ПАРАМЕТРЫ
ФУНКЦИИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ



ВСЕ ИНСТРУМЕНТЫ РАБОТАЮТ В СВЯЗКЕ С АКТУАЛЬНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ РАСЧЁТОВ И ПОЗВОЛЯЮТ ПОДОБРАТЬ ПОДХОДЯЩУЮ МАТЕМАТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ ДЛЯ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА.

ТРЕБОВАНИЯ, РАСЧЁТ, ФАКТ, ОТЧЁТ



РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ ПРОВОДИТСЯ В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ РВ 0027-301-2022 НВТ

Перечень показателей надёжности для элемента расчет выполнен в соответствии с ГОСТ РВ 0027-301-2022 НВТ. Номенклатура показателей			Проект: Л1 Расчет надежности ФИ: Л1 Локомотив восстанавливаемое изделие t_бр = 500 000 Километр	
Группа показателей	Обозначение	Наименование	Требования проекта *- задано при нормировании	Данные о надежности финального изделия
Безотказность			Рассчитанные	Рассчитанные по ССН
Вид распределения наработки на отказ:			ехр	ехр
	P(t_раб)	Вероятность безотказной работы изделия ВТ	0,9548	0,9846
	Q(t_раб)	Вероятность отказа изделия ВТ	0,0452	0,0154
	T0 *	Средняя наработка изделия ВТ на отказ	10 800 000	
	S0	Среднеквадратичное отклонение наработки на отказ	-	
	Ty_0	Гамма-процентная наработка изделия ВТ на отказ	-	
	λ(t)	Интенсивность отказов изделия ВТ	9,26E-08	
	λср(t_раб)	Средняя интенсивность отказов изделия ВТ	9,26E-08	
	ω(t)	Параметр потока отказов изделия ВТ	9,26E-08	
	ωср(t_раб)	Средний параметр потока отказов изделия ВТ	4,63E-02	
Ремонтпригодность			Рассчитанные	Рассчитанные по ССН
Вид распределения времени восстановления изделия:			ехр	ехр
	p(tв)	Вероятность восстановления работоспособного состояния изделия ВТ в за	0,0027	
	Tв	Средняя продолжительность восстановления работоспособного состояния	8,94E+03	
	Sв	Среднеквадратичное отклонение времени восстановления изделия	-	
	Ty_в	Гамма-процентная продолжительность восстановления работоспособного	-	
	μ(tв)	Интенсивность восстановления работоспособного состояния изделия ВТ	1,12E-04	
Комплексные			Рассчитанные	Рассчитанные по ССН
	Kг	Коэффициент готовности изделия ВТ (Стационарный)	0,9992	
	Kог	Коэффициент оперативной готовности изделия ВТ (Стационарный)	0,9540	
	Kти *	Коэффициент технического использования изделия ВТ(Стационарный)	0,9700	

ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ:

- ТРЕБУЕМЫЕ,
- РАССЧИТАННЫЕ
- ФАКТИЧЕСКИЕ

ОТЧЁТ АВПКО

Анализ видов, последствий и критичности отказов

Исходные данные										
Проект		Л1 : Расчет надежности								
Финальное изделие		Л1 : Локомотив								
Система		Все системы								
Код элемента (функции)	Наименование элемента (функции)	Вид (описание) отказа			Способы и средства обнаружения	Вероятность возникнове ния отказа	Оценка вероятности возникнове ния	Оценка вероятности обнаружения	Оценка тяжести последствий	Критичность отказа
			на вышестоящем уровне	на уровне изделия						
ТР1_ЩА	Траверса	Л1-04-01-02-03-FM30 : Разрушение траверсы	F05-03-01-03-06-FM01 : Механическая фиксация кронштейна щеткодержателя НЕ	F05-03-01-03-06-FM01 : Механическая фиксация кронштейна щеткодержателя НЕ	Не задано	5.55E-16	1	4	7	28
ТР1_ЩА	Траверса	Л1-04-01-02-03-FM21 : Смещение траверсы ЩА	F05-03-01-03-06-FM02 : Предотказное состояние фиксации (крепления) кронштейна	F05-03-01-03-06-FM02 : Предотказное состояние фиксации (крепления) кронштейна	Не задано	2.27E-16	1	8	3	24
ТР1_ЩА	Траверса	Л1-04-01-02-03-FM3 : Загрязнение траверсы ЩА	F05-03-01-03-06-FM02 : Предотказное состояние фиксации (крепления) кронштейна	F05-03-01-03-06-FM02 : Предотказное состояние фиксации (крепления) кронштейна	Не задано	5.55E-16	1	8	3	24
ТР1_ЩА	Траверса	Л1-04-01-02-03-FM23 : Ослабление крепления стопорного механизма траверсы ЩА	F05-03-01-03-09-FM01 : Фиксация траверсы в щеточном аппарате НЕ обеспечена	F05-03-01-03-09-FM01 : Фиксация траверсы в щеточном аппарате НЕ обеспечена	Не задано	5.55E-16	1	10	7	70
ТР1_ЩА	Траверса	Л1-04-01-02-03-FM5 : Ослабление крепления разжимного устройства траверсы ЩА	F05-03-01-03-09-FM01 : Фиксация траверсы в щеточном аппарате НЕ обеспечена	F05-03-01-03-09-FM01 : Фиксация траверсы в щеточном аппарате НЕ обеспечена	Не задано	5.55E-16	1	10	7	70
	Траверса	Л1-04-01-02-03-FM20 :	F05-03-01-03-09-FM01 :	F05-03-01-03-09-FM01 :	Не задано	5.55E-16	1	10	7	70

ФОРМИРОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ И НАСТРАИВАЕМЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ОТЧЁТОВ

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ

- Разработка методик решения специфических задач обеспечения надежности в части отказобезопасности, контролепригодности и долговечности для аэрокосмической, энергетической, транспортной и других отраслей
- Адаптация расчётных моделей под отраслевую специфику

РАЗВЕРТЫВАНИЕ НА КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

- Решение является отечественной альтернативой зарубежным аналогам и обеспечивает необходимые функции для расчётов и анализа надёжности
- Разработка Pragmatica ведется в соответствии с ГОСТ 56939-2024, требованиям Разработки безопасного программного обеспечения (РБПО), что обеспечивает соответствие стандартам информационной безопасности

ИНТЕГРАЦИЯ СО СМЕЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

- Обеспечения интероперабельности в единой информационной среде отечественного ПО
- Встраиваемость в цифровой контур предприятия
- Интеграция с виртуальными испытательными стендами и цифровыми двойниками

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Новости: www.cals.ru

Телефон\факс: +7 (495) 181-51-71

Почта: pragma@cals.ru



Нахимович А.М.
Кузнецов В.А.
Асоскова Е.О.
Макашина Т.Е.



ЧТО ТАКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ?

Обеспечение надёжности — это совокупность мероприятий, направленных на достижение, поддержание и подтверждение требуемого уровня надёжности на всех этапах жизненного цикла.

Это не просто расчёты — это системная инженерная практика, требующая согласованности, обоснованности и прослеживаемости принимаемых решений на всех этапах работы с изделием.

Для сложных изделий используются специализированные средства инженерного анализа (**CAE-надёжность**)