



Предиктивное техническое обслуживание на базе **SAP PdMS** (Predictive Maintenance and service)

2019



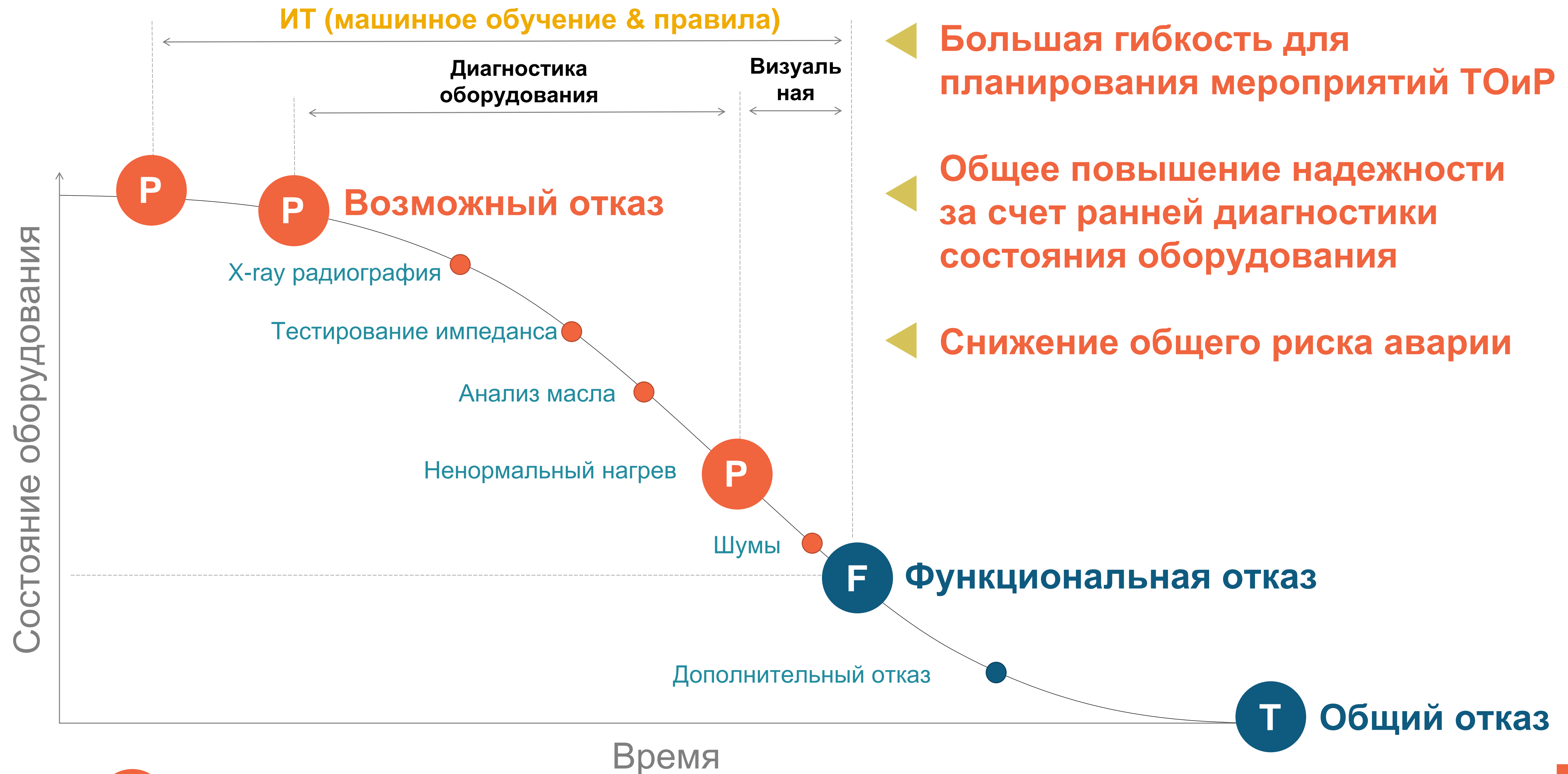
Что такое **Предиктивное ТОиР**?

*Комплекс мероприятий по постоянному или периодическому **мониторингу и диагностике** для целей **прогнозирования деградации** оборудования / компонентов для того, чтобы плановое **ТОиР** было осуществлено **до отказа** оборудования*



**«Интеллектуальное»
управление
техническим
состоянием
оборудования**

Место предиктивного ТОиР



- ▶ Большая гибкость для планирования мероприятий ТОиР
- ▶ Общее повышение надежности за счет ранней диагностики состояния оборудования
- ▶ Снижение общего риска аварии

Преимущества предиктивного ТОиР

Повышение надежности

**Повышение
эффективности**

**Оптимизация расходов
по ТОиР**

Безопасность



Инфраструктура данных

Предиктивное ТОиР



**Бизнес-процессы
ТОиР**

**Аномальные
режимы**

**Предсказание
отказа**

**Все данные в
одном месте**

**Интеграция с
бизнес-процессами**

**Работа с запросами
на улучшение**

**Интеграция с
существующими
моделями**

**Отраслевые
методики оценки и
прогнозирования**

**Полная история
оборудования**

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПА (Производственных активов)

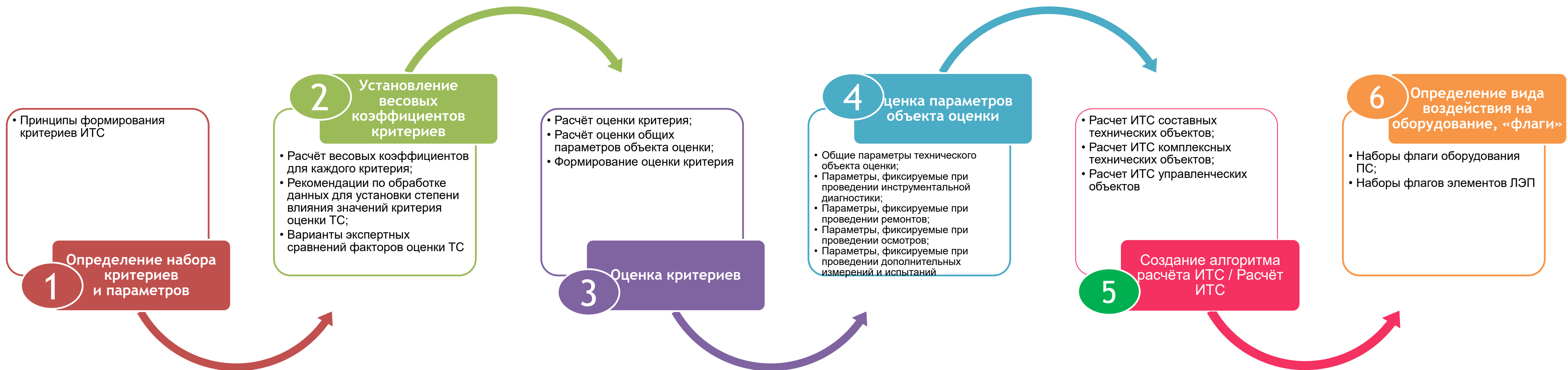
I. Формирование групп технических объектов

Группы оборудования формируются на основании идентичных, технических характеристик, видов диагностики, процессов старения оборудования или его элементов. Например, выделяются группы оборудования «Автотрансформаторы (однофазные)», «Автотрансформаторы (трёхфазные)», «Выключатели элегазовые» и «Выключатели воздушные» и т.д.

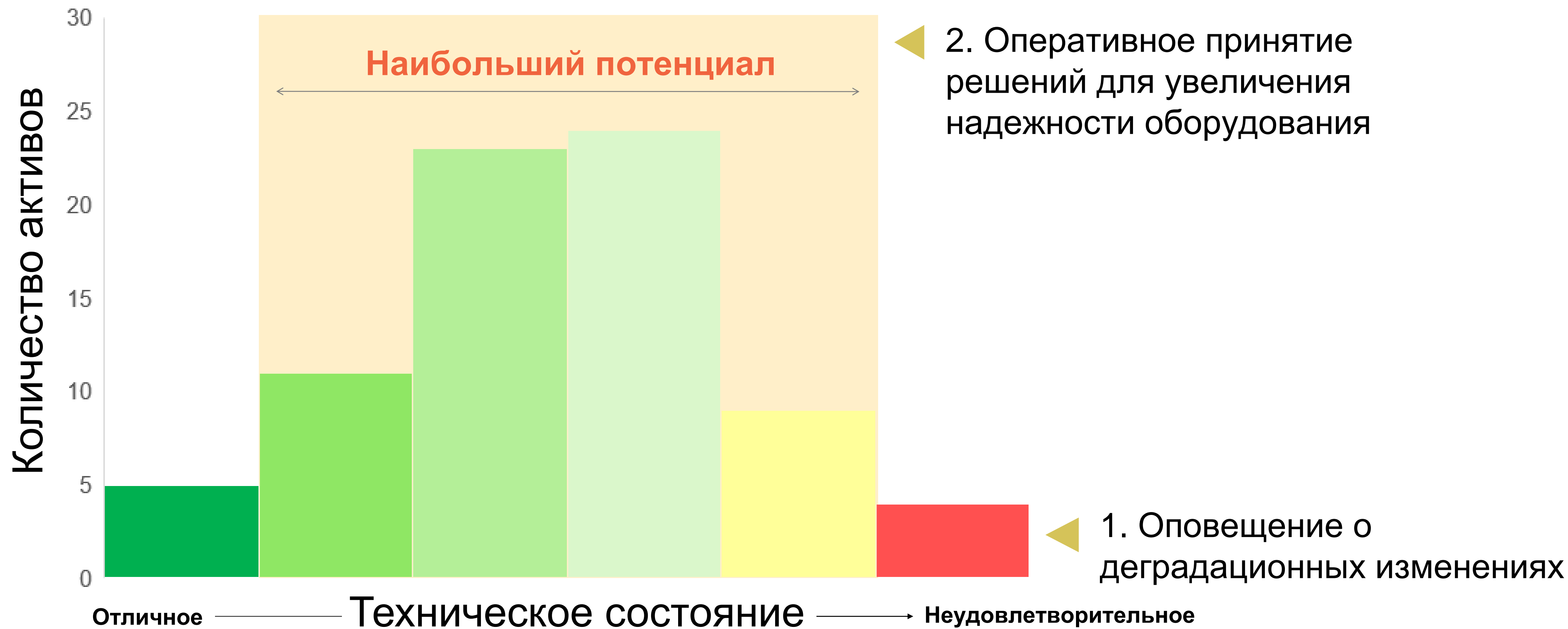
II. Принципы формирования алгоритмов оценки технического состояния

ИС	КРИТЕРИЙ		ПАРАМЕТР		
Формула расчета ИТС	Вес критерия 1	Оценка критерия	Вес параметра 1	Оценка параметра	Значение параметра 1
			Вес параметра 2	Оценка параметра	Значение параметра 2
	Вес критерия 2	Оценка критерия	Вес параметра 1	Оценка параметра	Значение параметра 1

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПА. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТКИ



Распределение технического состояния

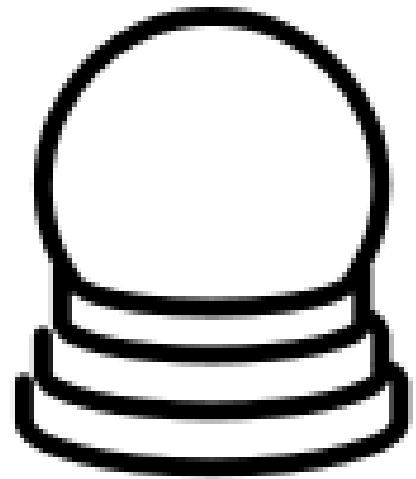


Предиктивный анализ в действии (data-science driven)

Сбор информации из различных источников, включая данные «с поля» и их нормализация позволяют сделать возможность моделирование и прогнозирования состояния оборудования и возможных отказов. Оперативный мониторинг возможных будущих ситуаций или анализ данных, как полученных путем машинного обучения, так и обычными методиками оценки и прогнозирования состояния оборудования



Алгоритмы машинного обучения для предиктивного ТОиР



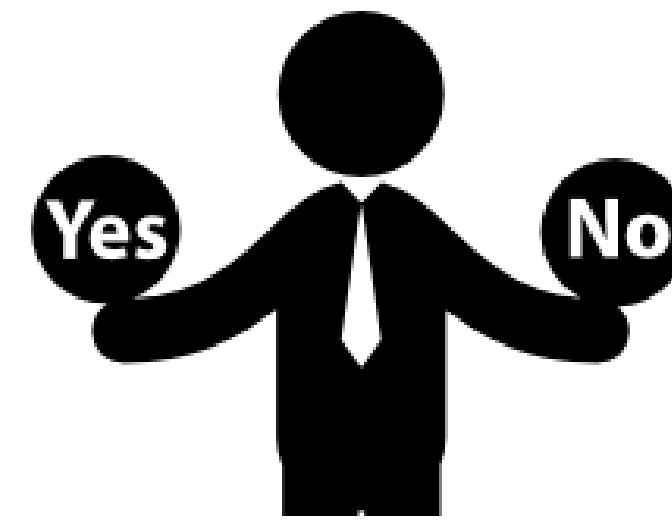
Прогнозирование значений

Прогноз будущих значений путем оценки взаимосвязи между переменными.



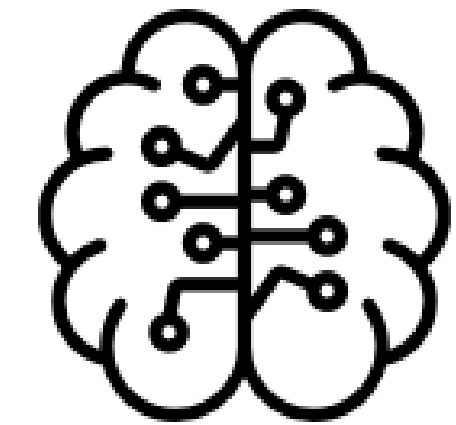
Поиск внештатных ситуаций

Обнаружение аномальных показаний оборудования



Прогнозирование между двумя категориями

Ответы на вопросы с двумя вариантами выбора, такие как да/нет, правда/ложь.



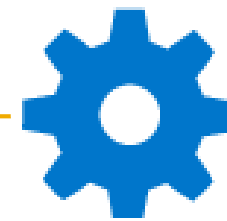
Прогнозирование между несколькими категориями

Ответы на сложные вопросы с несколькими возможными ответами.

Вызовы машинного обучения

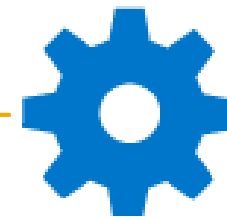
РЕШЕНИЕ

Многокритериальные данные



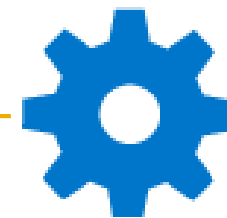
Привлечение Специалистов по машинному обучению и Отраслевых экспертов

Нет данных об отказах



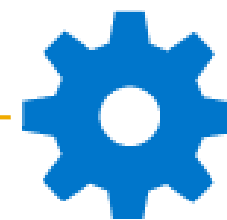
Использование алгоритма поиска аномалий и включение мнения экспертов в цикл обучения

Оборудование редко выходит из строя



Использование специальных алгоритмов машинного обучения

Модели со временем теряют актуальность



Автоматическое обучение и оценка (скоринг) моделей

Необходимость специфических алгоритмов



Кастомизация и расширение текущих алгоритмов, создание новых алгоритмов

Доступность данных – ключевой риск и возможность

- Отсутствие датчиков на критичных частях оборудования. Модель будет пытаться предсказывать отказы на основании косвенной информации, но точность может быть ниже.
- Наличие данных только в бумажном виде (например, данных комплексной диагностики). Данные диагностики крайне важны, но их может оказаться недостаточно для построения точной модели
- Если данных недостаточно, а необходимо построить точную модель, то комбинация экспертизы в области построения моделей TerraLink и обслуживания оборудования Заказчиком

Предиктивное ТОиР от SAP (SAP PdMS)

- Позволяет рассчитать индекс технического состояния по большому количеству разнородных данных
- Гибкое подключение специфических для оборудования моделей
- Масштабируемый движок машинного обучения на промышленной платформе
- Гибкие функции визуализации по всему оборудованию
- Интегрированный процесс: тревоги, Аналитические инструменты, заказы ТОиР
- Различные источники данных: SAP HANA, OSISoft PI, SCADA/DCS, СУБД, АСУТП и т.д.

Архитектура SAP Predictive Maintenance and Service (PdMS)



Возможности Машинного Обучения SAP PdMS

Поиск аномалий

- + Не нужно вносить данные (label) об аварийных режимах
- + Может определить неизвестные ранее типы отказов/аварийных режимов
- **Не любая аномалия связана с отказом, это влечет за собой ложные тревоги**
- **Эксперт должен верифицировать тревогу и решить? как поступить**

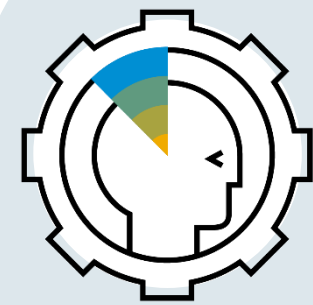
Предсказание отказа

- + Если модель построена с высокой точностью, предсказания могут быть выполнены без участия эксперта
- + Некоторые алгоритмы могут предсказать тип отказа и предложить дальнейшие действия
- **Стандартные алгоритмы машинного обучения используют данные об отказах**

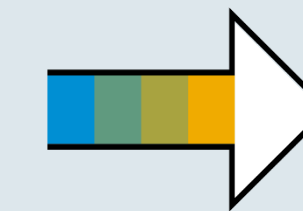
Необходима конфигурация алгоритмов машинного обучения, чтобы исключить **ложные тревоги и улучшить **точность модели****

Общая схема Машинного обучения SAP PdMS

SAP Predictive Maintenance and Service



Моделирование



Результат

Процесс управления моделью

Настройка модели

Улучшение



Обучение

Оценка

Новые алгоритмы
Интеграция

Машинное обучение

Управление моделью

Предсказание отказа

Предсказание формируется за счет корреляции входных данных и отказов

Поиск аномалий

Сообщение о тревоге, если оборудование работает в необычных режимах

Аналитика



Возможный сбой (дни)	Оценка аномал.	Статус
180 дней	25	■

Постоянное улучшение и обучение

Создание собственных алгоритмов в SAP PdMS

1. Создание модуля на языке R



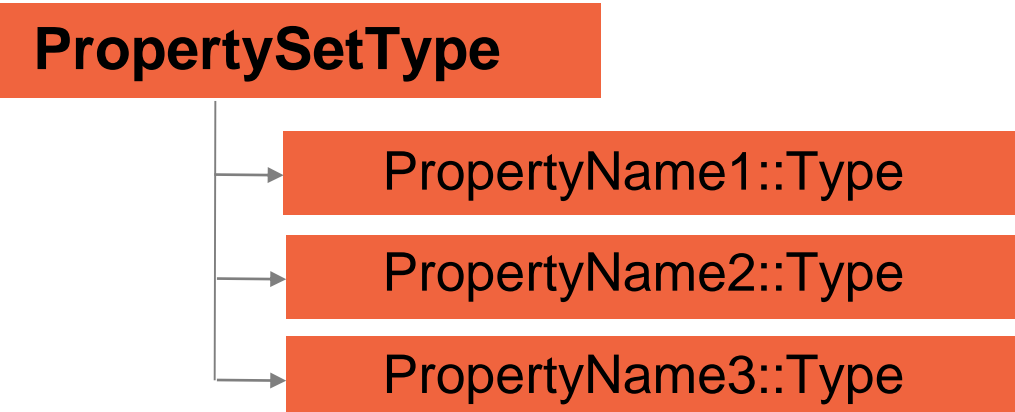
- Разработать алгоритм и обернуть его в **R пакет**
- Экспортировать две ключевых функции: обучения и оценки

2. Установка пакета



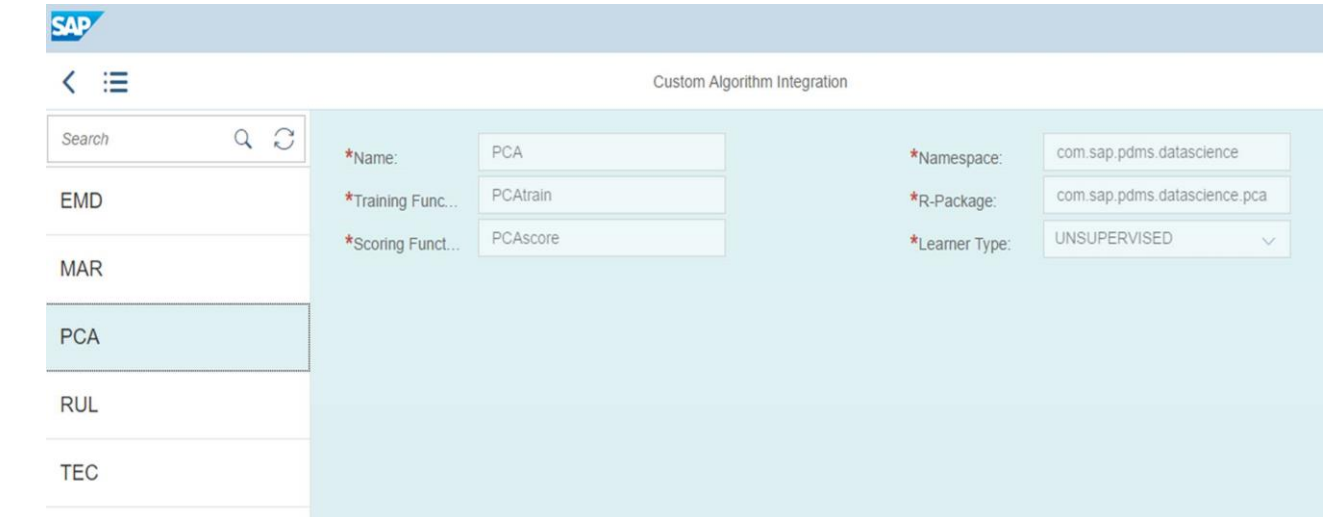
- Установка пакета

3. Создание методанных



- Настройка метаданных для нового алгоритма

4. Настройка



- Регистрация и настройка в интерфейсе Machine Learning Engine

Начало использования нового алгоритма в цикле: **создание, обучение и оценка**

Демонстрация SAP PdMS

TerraLink – надежный партнер



SAP® Partner Edge Partner

SAP® PCOE Partner

SAP® Service Partner

SAP® Preferred Training Partner

SAP® Recognized Expertise
in Oil & Gas

opentext™ | Partner
Reseller Platinum

opentext™ | Partner
Support

Большой опыт

- Опыт крупных проектов – внедрения свыше 40 000 пользователей
- Опыт работы с крупными заказчиками в разных странах
- Опыт интеграции различных приложений и платформ (SAP, OpenText, Documentum, Microsoft, Oracle)

Развитые компетенции

- Более 400 специалистов по SAP
- Более 200 специалистов по OpenText
- Использование методологии PMO Framework
- Услуги предпроектного бизнес-консалтинга
- Внедрения в облаке и on premise

Прочные отношения с партнерами

- Признанный в регионе партнер SAP



Партнер
года SAP
в странах
СНГ 2017



Лучший
интегратор
OpenText
в странах
СНГ 2017



SAP MEE
Partner
Excellence
Award 2016



Партнер
года SAP
в странах
СНГ 2016



OpenText
Global Reseller
Partner of the
Year 2016

Спасибо!

Вопросы?

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОТКАЗОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД. ЭТАПЫ

1. Сбор статистики изменения ИТС для каждого технического объекта;
2. Построение графика по данным изменения ИТС в зависимости от времени;
3. Аппроксимация построенного графика, с помощью которой определяется уравнение:

$$\text{ИТС} = f(t)$$

При этом, тип функции может быть следующим: экспоненциальная, линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная.

4. Выбор функции построения линии тренда по формуле:

$$R^2 = \text{MAX}(R^2_i)$$

где:

R^2 и R^2_i – величина достоверности определения уравнения линии тренда.

5. Расчет значений ИТС для каждого из годов до достижения $\text{ИТС} < 25$ по следующей формуле с проставлением соответствующего уравнения (функции):

$$\text{ИТС}_{t_i} = f(t_i)$$

где:

ИТС_{t_i} – индекс технического состояния на t_i год.

6. Выбор года прогнозируемого отказа на пересечении по оси ИТС равным 25.
7. Определение сроков проведения ремонта.
8. Определение остаточного ИТС на момент восстановления работоспособности

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОТКАЗОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД. ЭТАПЫ

1. **Сбор и анализ** статистики отказов (значений ИТС) для группы однотипных технических объектов.
2. **Группировка данных.** Интервал наработки, на котором обнаружены неисправности, разбивается на несколько разрядов (интервалов) величиной Δt . Количество разрядов k определяется правилом Старджена:

$$K = 1 + 3,3 \times \lg n$$

где:

n – количество отказов (значений ИТС) в выборке.

3. **Расчет эмпирических характеристик надежности.** В каждом интервале Δt_i производится расчет эмпирических значений плотности $f(t)$, интенсивности $\lambda(t)$ отказов (значений ИТС) и вероятности безотказной работы $P(t)$ согласно следующих формул:

$$f_i(t) = \frac{\Delta n_i}{N \times \Delta t_i}$$

$$\lambda_i(t) = \frac{\Delta n_i}{(N - \sum_{i=0}^i \Delta n_i) \times \Delta t_i}$$

$$P_i(t) = \frac{f_i(t)}{\lambda_i(t)}$$

где:

N – количество однотипных технических объектов рассматриваемых в выборке;

$N - \sum_{i=0}^i \Delta n_i$ – количество однотипных технических объектов, исправно проработавших на начало рассматриваемого периода;

n_i – количество однотипных технических объектов, отказавших в интервале наработки Δt_i или количество технических объектов в интервале времени со значением ИТС одного из диапазонов.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОТКАЗОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД. ЭТАПЫ

- 4. Выбор теоретического закона распределения** на основе расчета эмпирических характеристик строятся гистограммы плотности распределения. Исходя из внешнего вида гистограммы, их схожести с законами распределения принимается гипотеза о виде теоретического распределения отказов (значений ИТС): экспоненциальное распределение, нормальное распределение, распределение Вейбулла и т.д.
- 5. Определение неизвестных параметров закона распределения.** Исходя из вида закона распределения отказов (значений ИТС), выбирается метод определения неизвестных параметров .
- 6. Проверка правильности принятой гипотезы** о законе распределения осуществляется с помощью критерия согласия. Определяется степень расхождения теоретического и эмпирического распределения. Далее определяется значимо расхождение или нет.
- 7. Определение точности оценок параметров распределения.**
- 8. Прогнозирование отказа (значения ИТС)** согласно ГОСТ 27.005-97 Межгосударственному стандарту «Надежность в технике. Модели отказов. Основные положения».
Или прогнозирование вероятности отказа:

Экспоненциальное: $F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$

Распределение Вейбулла: $F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]$

Логарифмически нормальное: $F(t) = \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)$

и т.д. согласно ГОСТ 27.005-97 Межгосударственному стандарту «Надежность в технике. Модели отказов. Основные положения».



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОТКАЗОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД. ЭТАПЫ

9. Определение интенсивности изменения индекса ИТС по выбранным законам распределения

10. Построение графика изменения ИТС до предельного состояния в зависимости от времени по формуле:

$$\text{ИТС}(t_i) = \text{ИТС}_\phi + \lambda(t_i) \times k$$

где:

ИТС_ф – фактический ИТС технического объекта;

λ – интенсивность изменения ИТС технического объекта на t_i год эксплуатации (1, 2, 3, и т.д.);

k – климатический коэффициент (в случае отсутствия данных коэффициент при расчете принимается равным единице).

11. Определение плотности распределения вероятности отказов
за интервал рассчитанного времени по графику зависимости ИТС от времени.

12. Определение сроков проведения ремонта по наивысшим пикам плотностей распределения отказов/ИТС