КОМПАНИЯ ГРУППЫ «ИНТЕР РАО»
И ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

ЦЕНТР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ИНТЕР РАО ЕЭС

СОВТЕХ
современные технологии

«РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ»

(подготовлено для Ростехнадзор)

2015 г.
Москва

Центр энергоэффективности ИНТЕР РАО ЕЭС

совместное предприятие на паритетных началах двух крупнейших энергетических компаний России – Госкорпорации «Росатом» и Группы «Интер РАО».

Год основания – **2010**

50%

ИНТЕР РАО ЕЭС

ЦЕНТР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕР РАО ЕЭС

КОМПАНИЯ ГРУППЫ «ИНТЕР РАО» И ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

50%

РОСАТОМ

Группа «Интер РАО»

диверсифицированный энергетический холдинг, присутствующий в различных сегментах электроэнергетической отрасли в России и за рубежом. Компания занимает лидирующие позиции в России в области экспорта-импорта электроэнергии, активно наращивает присутствие в сегментах генерации и сбыта, а также развивает новые направления бизнеса.

Госкорпорация «Росатом»

объединяет более 350 предприятий и научных организаций, в числе которых все гражданские компании атомной отрасли России, предприятия ядерного оружейного комплекса, научно-исследовательские организации и единственный в мире атомный ледокольный флот. Является крупнейшей генерирующей компанией в России, которая обеспечивает более 40% электроэнергии в европейской части страны.

МИССИЯ

Содействие снижению энергоемкости ВВП и устойчивому развитию России

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ВНЕДРЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА (БАЗОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ)

Внедрение риск-ориентированных подходов является целевой задачей для отраслей народного хозяйства России

Президент и правительство России

27.12.2014 Владимир Путин подписал перечень поручений Правительству Российской Федерации, в том числе:

Разработать и утвердить перечень внутренних нормативных документов, регламентирующих деятельность государственных корпораций и государственных компаний, а также открытых акционерных обществ, включающий в себя в том числе:

- регламент повышения инвестиционной и операционной эффективности и сокращения расходов
- положение о внутреннем аудите
- положение о системе управления качеством
- положение о системе управления рисками
- положение о порядке разработки и выполнения программ инновационного развития

Поручение Президента РФ от 08.02.2014 № Пр-258

- Представить концепцию проекта федерального закона о государственном и муниципальном контроле в Российской Федерации

Нормативные правовые требования/положения о проведении анализа опасностей и риска

- Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 №116-ФЗ (с измен. от 02.07.2013)
- ФНП «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта» (утв. пр. Ростехнадзоромот 15.07.2013 № 306)
- ФНП «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» (утв. приказом Ростехнадзораот 06.07.2013 №520)

Национальные стандарты

- ГОСТ Р 51901.1-2002(МЭК 60300-3-9). Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем
- ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009 "Менеджмент риска. Термины и определения» (идентичный международному документу Руководство ИСО 73:2009 "Менеджмент риска. Словарь. Руководство по использованию в стандартах«), с датой введения в действие 1 декабря 2012
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска.РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» (утв. Госгортехнадзором России 10.07.01 №30)

Методические документы по риск-менеджменту

- РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» (утв. Госгортехнадзором России 10.07.01 №30)

ПОНЯТИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

РИСК

Под риском понимается событие, которое может произойти в будущем с определенной вероятностью и нанести определенный ущерб. Риск может быть результатом как действия, так и бездействия

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД (РОП) УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

Представляет собой методологию, обеспечивающую целевое воздействие на производственные активы, основанное на анализе риска отказа оборудования с учетом прогнозируемых потерь и их значимостью для достижения установленных показателей эффективности производства

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД (РОП) КОНТРОЛЬНОЙ И НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

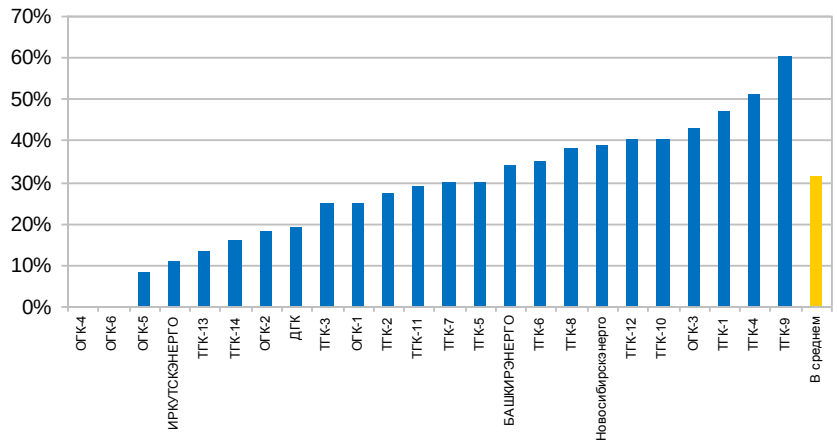
Представляет собой методологию, обеспечивающую целевое воздействие надзорных функций на объекты контроля, основанные на анализе риска аварий и инцидентов в соответствии с их значимостью для безопасности и здоровья населения

ПРОБЛЕМЫ АКТИВОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

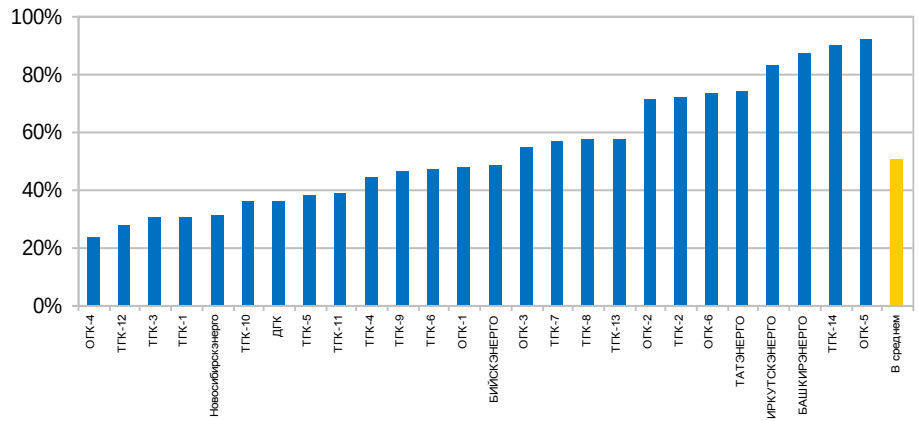
Ключевые проблемы энергетической отрасли связано со старением инфраструктуры и производственных фондов: «кадровый» голод, моральная и физическая изношенность активов и т.д.

Одно из направлений решения проблемы – совершенствование системы управления активами на полном жизненном цикле, путем создании оптимизационной системы управления, охватывающей не только ремонтные программы, но и инвестиционное планирование.

Доля энергетических котлов старше 50 лет



Доля турбин от 30 до 50 лет по мощности



Техническое состояние распределительных электрических сетей

- отработали ресурс для ВЛ 110-0,38кВ более миллиона километров,
- подстанций 6-10/0,4 кВ (15 % - находятся в неудовлетворительном состоянии, 40 % выключателей отработали нормативные сроки, 50 % систем РЗиА морально устарели)

Источник: «Модернизация российской энергетики – ключевая задача энергетической политики» Министерство энергетики РФ.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ «УПРАВЛЕНИЕ АКТИВАМИ»

	I поколение	II поколение	III поколение	IV поколение
	1930г. «Чиним, когда сломалось»	**1955г. Планово-предупредительные воздействия**	**1980г. Планирование по состоянию и надежности**	**2000 г. Управление надежностью и стоимостью владения**
+	• Низкие затраты на обучение технического персонала	• Сокращение времени простоя оборудования • Снижение рисков отказов	• Принятие решений по состоянию активов • Снижение рисков отказов • Снижение затрат на переобслуживание	• Принятие решений по состоянию активов • Повышение точности прогнозов состояния и отказов оборудования • Управление рисками, доходами, затратами на всем ЖЦА • Эффективные инвестиционные решения на долгосрочном горизонте
–	• Длительные простои оборудования	• «Переобслуживание» • Рост затрат, рост стоимости владения активами	• Большая доля экспертной составляющей в оценке состояния оборудования • Принятие несбалансированных с т.зр. «доходы - риски – затраты» на долгосрочном горизонте	• Вложения в развитие технического персонала и информационных систем
	УСТРОЙСТВО	**ОБОРУДОВАНИЕ**	**СИСТЕМА**	**АКТИВЫ**

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД КАК ОСНОВА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

- **Enterprise Asset Management (EAM)** — методология решения стратегических задач предприятия по повышению эффективности производственных фондов (фондоотдачи) и персонала, оптимизация затрат на эксплуатацию при минимуме рисков и требуемой производительности, повышение надежности, рациональное использование технического ресурса и т.д.

- **RCM (Reliability Centered Maintenance)** - методология, позволяющая определить требования по техническому обслуживанию (и ремонту) каждого производственного объекта в конкретной рабочей обстановке с целью обеспечения надежность критичных производственных и технологических процессов. Результат - возможность эффективно управлять рисками и сокращать расходы на ремонтную деятельность.

- Синтез систем **EAM** и **RCM** позволяет одновременно:

  - оценить стоимость содержания активов

  - обеспечить эффективное экономическое управление активами на полном жизненном цикле

  - обеспечить поддержание производственной системы на заданном уровне надежности при оптимальных затратах

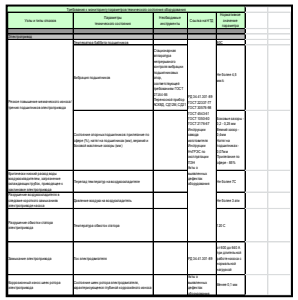
РИСК ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ

Процессы управления производственными активами:

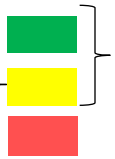
Классификация и паспортизация оборудования → Оценка состояния оборудования → **Оценка рисков** → Планирование воздействий на оборудование → Реализация воздействий на оборудование → Приемка и контроль

Инструменты управления производственными активами:

- Классификатор и справочники оборудования
- Листы осмотров
- Журналы дефектов



ПЭН	Неработосп особное
ТПН	Работоспос обное состояние
Генератор	Неработосп особное
ПВД	Исправное состояние
Паропровод острого пара	Неработосп особное состояние



- Планирование мероприятий:
  - ТО, диагностики
  - Ремонтов
  - ТПиР

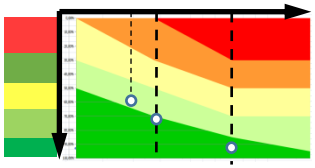
- Результаты диагностики, выполнения ТО

Карты состояния

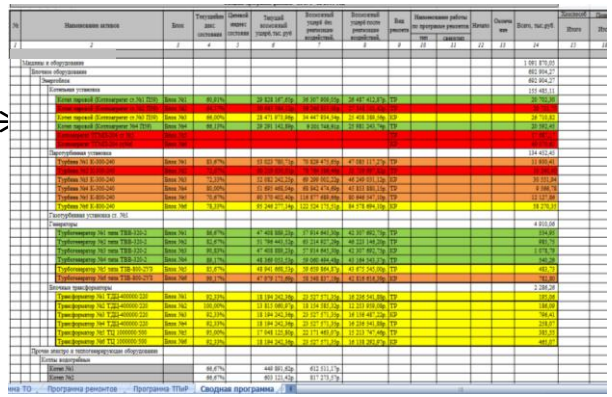
Группа оборудования	ОС
Генераторы	76,73%
Трубопроводы ОП	87,88%
ПВД	80,28%
ПЭН	67,57%
ТПН	80,16%

=

- Вероятность отказа
- Прогнозируемые риски отказа оборудования



- Производственная программа с учетом состояния оборудования и рисков его отказа



-Акты приемки выполненных работ
- Данные по состоянию после ремонтов

Узел	ПЭН1
Электропривод	82,61%
Гидрамуфта	75,00%
Редуктор	79,12%
Питательный насос	64,00%
Обратный клапан и линия рециркуляции	76,24%

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Шаг 1. Сбор фактических значений по результатам обходов-осмотров, в ходе проведения ремонтов и напрямую с датчиков АСУТП

Технические параметры	Ед. изм-я	ТПН № 1
Ротор паровой турбинки		
Механические забоины на поверхностях лопаток (входная кромка)	мм	0,3
Коррозионные язвы рабочих лопаток. Диаметр (в пределах 3 мм от выходной кромки в нижней трети пера)	мм	0,1

Параметры оценки состояния	Нормативное значение	Бальная шкала			
		0	1	2	3
Ротор паровой турбинки					
Механические забоины на поверхностях лопаток (входная кромка)	<=1 мм	Более 1 мм	0,5 - 1 мм.	0,2-0,5 мм	0-0,2 мм
Коррозионные язвы рабочих лопаток. Диаметр (в пределах 3 мм от выходной кромки в нижней трети пера)	<=0,5 мм	более 0,5 мм	0,2-0,5 мм	0,1-0,2 мм	0-0,1

Параметры оценки технического состояния	Веса параметров	ТПН-1	Расчет
Ротор паровой турбинки	0,2		33 %
Механические забоины на поверхностях лопаток (входная кромка)	0,1	2	2*0,1
Коррозионные язвы рабочих лопаток. Диаметр (в пределах 3 мм от выходной кромки в нижней трети пера)	0,2	3	3*0,2
Шаг 3. Расчет индекса технического состояния единицы оборудования **....**	**...**	**...**	**...**

Конструктивные элементы оборудования	Веса конструктивных элементов и параметров технического состояния	Питательный турбонасос №1
Ротор паровой турбинки	**10%**	33,3%
Корпус паровой турбинки	**10%**	58,3%
Опоры турбинки и насоса	**10%**	80,0%
Система регулирования, парораспределения и защиты	**5%**	74,2%
Наружный корпус насоса	**10%**	43,3%
Проточная часть насоса	**15%**	65,0%
Узел разгрузки насоса	**40%**	43,3%

ИС(ПТН) = Вес **10%** (Ротор паровой турбинки) *ИС **33,3%** (Ротор паровой турбинки) + **...** +Вес **40%** (Узел разгрузки насоса) *ИС **43,3%** = **52,3%**

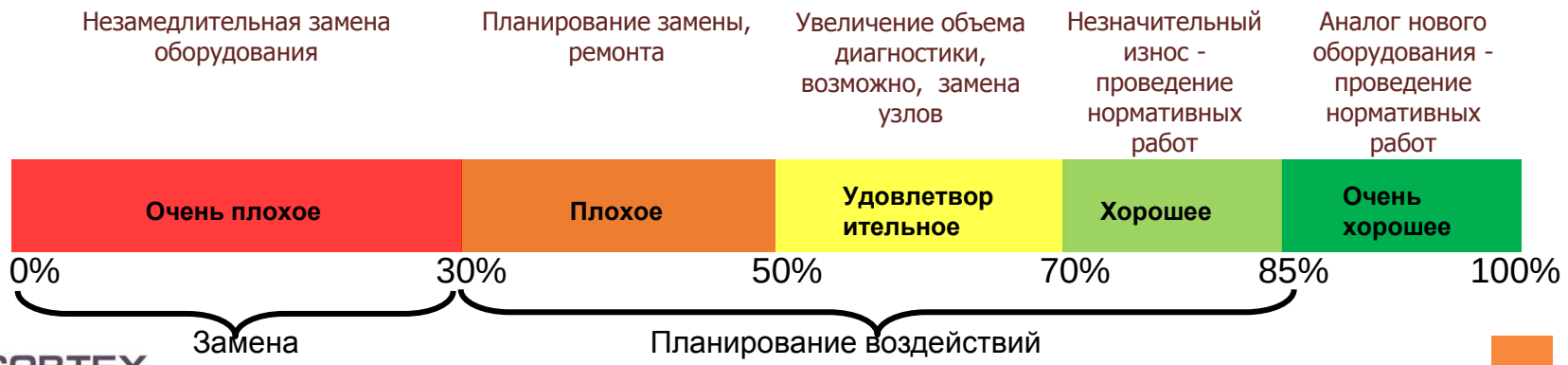
Питательный турбонасос	**52,3%**

ПРИМЕР КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ФОРМАТЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИНДЕКСА СОСТОЯНИЯ

Описание активов. Мониторинг состояния оборудования → **Оценка технического состояния оборудования** → Оценка рисков отказа оборудования и ТЭА → Планирование воздействий на оборудование → Реализация воздействий на оборудование → Приемка и контроль

Группа оборудования	ТЭС 1	ТЭС 2	ТЭС 3
Турбины	76,73%	65,81%	76,28%
Трансформаторы	87,88%	79,38%	93,00%
Турбогенераторы	78,61%	75,57%	89,03%
Котельные установки	76,92%	35,73%	65,09%
ВПУ	34,62%	51,28%	30,08%
Трубопроводы	71,04%	79,31%	71,42%
АСУ ТП	63,45%	78,23%	56,72%
Градирни	55,81%		
Здания	55,81%	72,46%	65,61%

Категории состояния оборудования в зависимости от значения индекса состояния



ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА

На примере оборудования Трансформаторы 110 кВ – конструктивный элемент «В/в вводы», критерий «Состояние фарфора»

Для кривой:

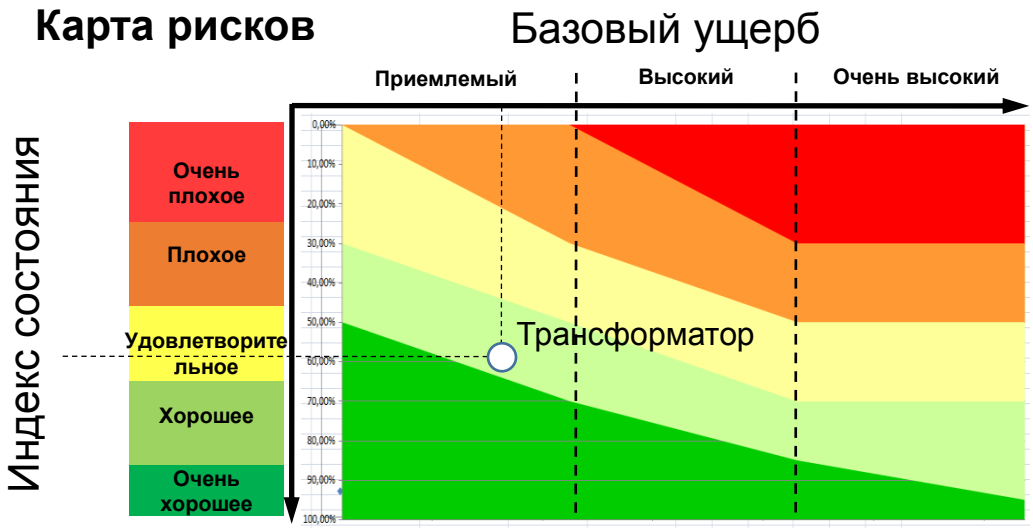
Мин. срок - 6 лет;
Норм. срок - 25 лет;
Макс. срок - 30 лет.

На основе кривых вероятностей для типовых единиц оборудования с учетом статистики отказов и текущей оценки состояния каждой конкретной единицы осуществляется прогноз изменение состояния каждой единицы оборудования

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ОТКАЗА АКТИВОВ

РОП позволяет оценить эффективность управления активами, т.к. обеспечивает оценку эффективность управления активами через эквивалент стоимости.

Карта рисков



Критическая зона: вероятностные последствия выхода оборудования из строя влияют на капитализацию Компании

Опасная зона: вероятностные последствия выхода оборудования из строя влияют на капитализацию Компании

Зона средней опасности: вероятностные последствия выхода оборудования влияют на капитализацию генерирующих компаний

Приемлемая зона: последствия выхода оборудования из строя приемлемы для генерирующих компаний, не влияют на их капитализацию

Зона минимальных ущербов: последствия выхода оборудования из строя меньше, чем затраты на предупреждение отказа

Риск = **Вероятность отказа** (Состояние оборудования) x **Базовый ущерб**

Вероятность отказа (Состояние оборудования)

- Оценка текущего состояния
- Статистика отказов
- Законы нормального распределения теории надежности

x

Базовый ущерб

Прямые последствия отказов

- Стоимости АВР, оборудования, запчастей
- Недовыработка вследствие простоев
- Штрафы за снижение готовности
- Дополнительные пуски оборудования, увеличение расхода топлива

+

Косвенные последствия отказов

- Экологические ущербы
- Социальные ущербы
- Политические ущербы

ПОНЯТИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД (РОП) УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

Представляет собой методологию, обеспечивающую целевое воздействие на производственные активы, основанное на анализе риска отказа оборудования с учетом прогнозируемых потерь и их значимостью для достижения установленных показателей эффективности производства

РОП позволяет оценить эффективность управления активами, т.к. обеспечивает оценку эффективность управления активами через эквивалент стоимости.

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД (РОП) КОНТРОЛЬНОЙ И НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Представляет собой методологию, обеспечивающую целевое воздействие надзорных функций на объекты контроля, основанные на анализе риска аварий и инцидентов в соответствии с их значимостью для безопасности и здоровья населения

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РИСКОВ В МЕТОДОЛОГИИ НАДЗОРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Базовые формулы расчета риска в методологии надзорных мероприятий

$\Sigma Риск = Риск_{оборудование} + Риск_{человеческий\ фактор} + Риск_{внешние\ факторы}$

R=V*S,
где: V- вероятность события, S- базовый ущерб

Особенности расчета вероятности аварийного события в методологии надзорных мероприятий

(количественной оценки риска) в используемой сегодня методологии имеет значительную дисперсию, т.к. базируется на анализе «свершившихся» аварийных событий с использованием теорий надежности и вероятностей:

- ✓ Теория надежности оперирует случайной величиной времени между последовательными отказами. Для уникальных аварий эта величина стремиться к бесконечности. Трудно предсказать ошибки человека и нерасчетные внешние воздействия;
- ✓ Теория вероятностей базируется на постулате о воспроизводимости / повторяемости результата. Частота аварий лежит в зоне 10^{-3} - 10^{-4} за пределами необходимых точностей результатов для применимости методов теории вероятностей
- ✓ Теория риска оперирует случайной величиной ущерба от аварии с использованием стандартных методов теории вероятностей
- ✓ Методы статистики редких событий (ядерная физика, физика элементарных частиц и т. п.) весьма специфические и вряд ли могут быть применены за пределами этих областей знания.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ ДЛЯ ЗАДАЧИ НАДЗОРА

Принципы

Расчет риска не по факту свершившегося аварийного события, а по прогнозу технического состояния элементарного оборудования, основанного на оперативных данных по текущему техническому состоянию оборудования.

Способы реализации

При расчете риска, связанного с оборудованием перспективным представляется использование подхода, реализованного в системах управления активами, где прогноз делается на базе оценки текущего технического состояния оборудования.

Ожидаемые результаты

Обеспечивается более высокая доверительность результата, за счет снятия ограничений с прогнозных расчетных моделей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Крупнейшие российские генерирующие и сетевые энергетические компании проводят внедрение систем управления, использующих риск-ориентированные подходы.
- Применение методологии риск-ориентированных подходов, реализованных в системах управления класса EAM/RCM повышает доверительность результатов при прогнозных расчетах.
- Применение риск-ориентированных подходов в системах управления активами позволяет:
  - ✓ получить механизм управления эффективностью производства по заданным критериям риска,
  - ✓ в перспективе обеспечить интеграцию систем управления с системами контроля Ростехнадзора в автоматизированном режиме, и в конечном итоге обеспечить адресный контроль за мероприятиями как со стороны Ростехнадзора, так и со стороны предприятия в целях снижения аварийности.

КОМПАНИЯ
ГРУППЫ «ИНТЕР РАО» и ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ЦЕНТР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ИНТЕР РАО ЕЭС

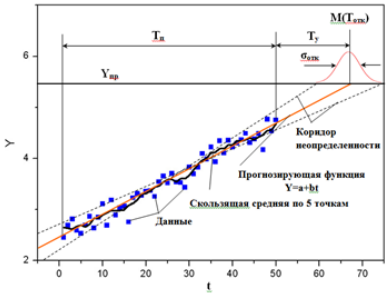
119019, г. Москва, Филипповский переулок, д. 13, стр. 1

Телефон: + 7 (495) 221-75-60/62
Факс: + 7 (495) 221-75-60/62
E-mail: info@interef.ru

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА

Прогнозирование по параметру технического состояния

1. **Построение графика изменения параметра во времени, выявление визуального тренда**
2. **Выбор прогнозирующей функции**
3. **Определение параметров прогнозирующей функции методом наименьших квадратов**
4. **Расчет ошибки определения параметров прогнозирующей функции**
5. **Определение остаточного ресурса**
6. **Определение вероятности отказа по параметру**

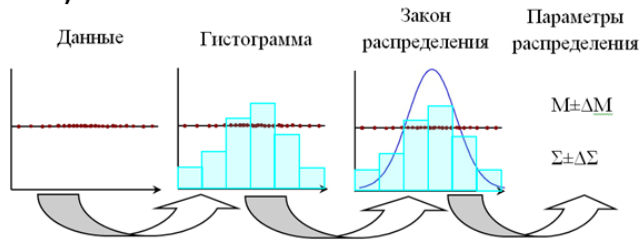


Прогноз ПТС при линейной ПФ

$Y_{пр}$ – критерий отказа, $T_н$ – время наблюдения, $T_у$ – время упреждения, $M(T_{отк})$ – математическое ожидание наработки до отказа его дисперсия - $\sigma_{отк}$, N – номер точки, который соответствует времени.

Прогнозирование по имеющимся статистическим данным

1. **Определение среднего значения, среднеквадратичного отклонения наработки до отказа (исходя из имеющейся выборки данных по отказам)**
2. **Оценка математического ожидания и дисперсии**
3. **Выбор закона распределения и определение его параметров:**
   1. **При малом количестве данных – исходя из времени жизни оборудования (в ходе приработки – экспоненциальный, в ходе нормальной эксплуатации и старения – нормальный закон)**
   2. **Г** … **элементов в в**



4. **Определение вероятности отказа в заданный момент времени по формулам плотности распределения одного из выбранных законов: экспоненциального, нормального, Вейбулла**
5. **Оценка погрешности расчета вероятности отказа**