





# МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД К ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКЕ ТУРБОАГРЕГАТОВ



Георгиевская Евгения Викторовна,  
к. ф.-м. н., директор по науке

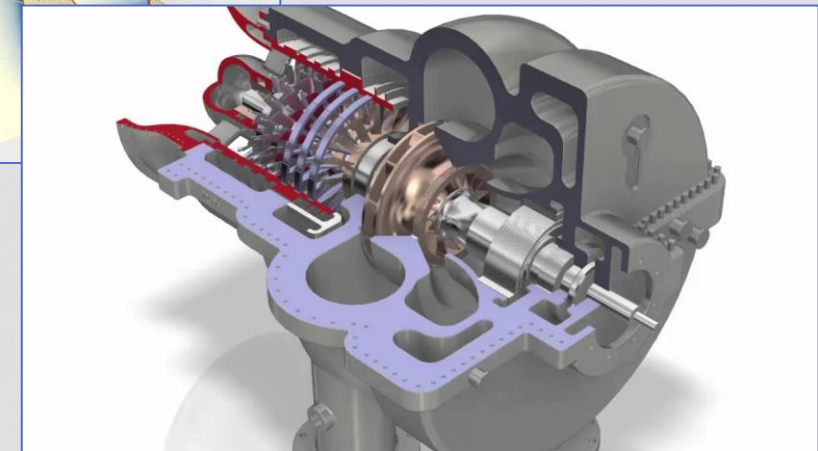
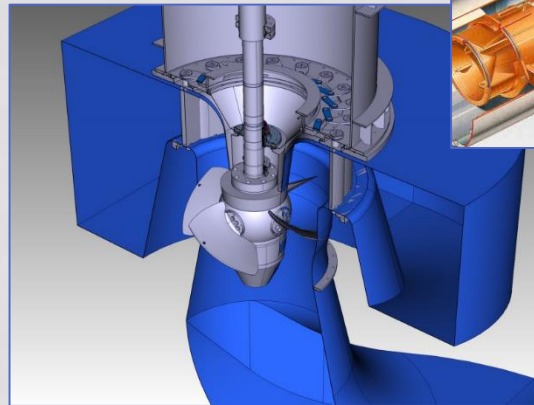
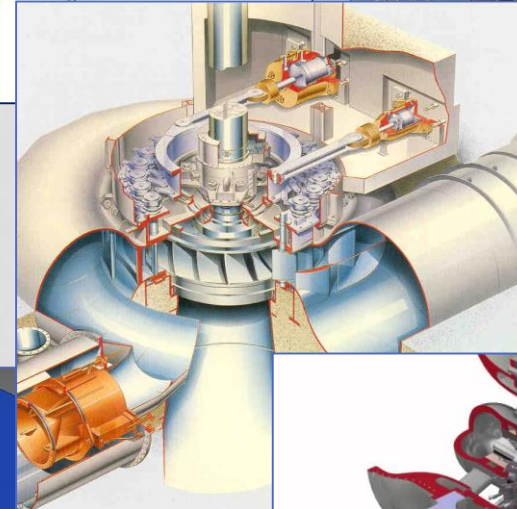
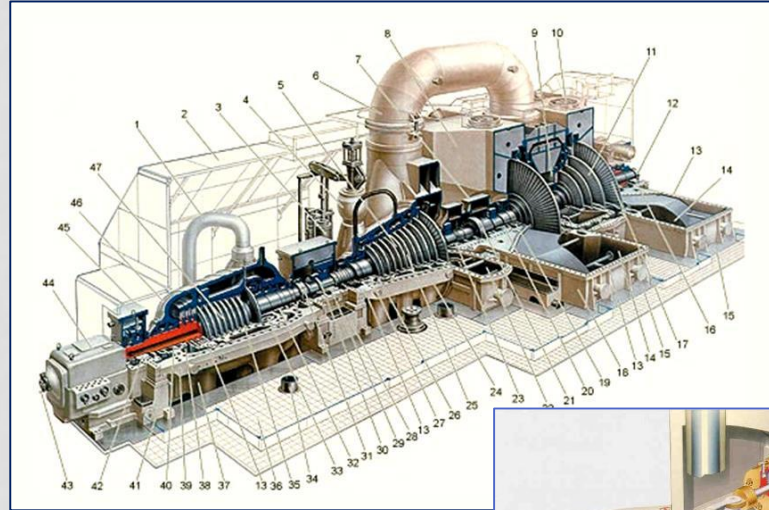


Георгиевский Николай Владимирович,  
к.т.н., генеральный директор

Работа выполнена в рамках проекта фонда «Сколково» и при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям

# ОБЪЕКТЫ

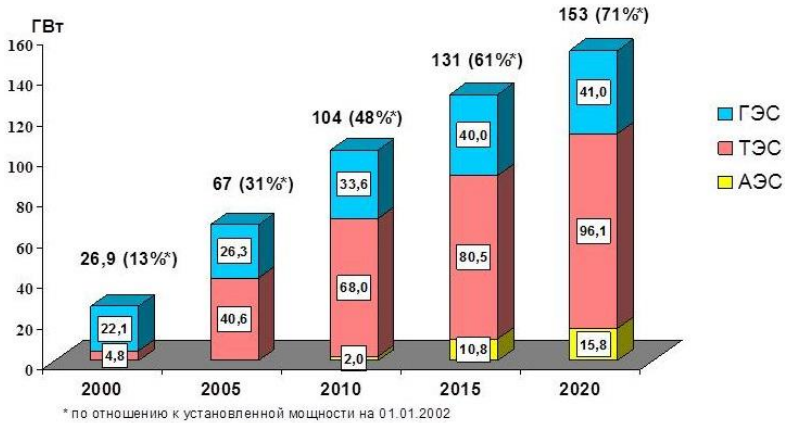
- ✓ Индивидуальность
- ✓ Переменные режимы эксплуатации
- ✓ Длительный срок использования
- ✓ Большие размеры
- ✓ Высокая стоимость
- ✓ Длительный цикл изготовления ресурсопределяющих узлов
- ✓ Непрерывный мониторинг (30÷300 датчиков)
- ✓ Катастрофические последствия при аварии
- ✓ Низкий уровень оцифровки информации



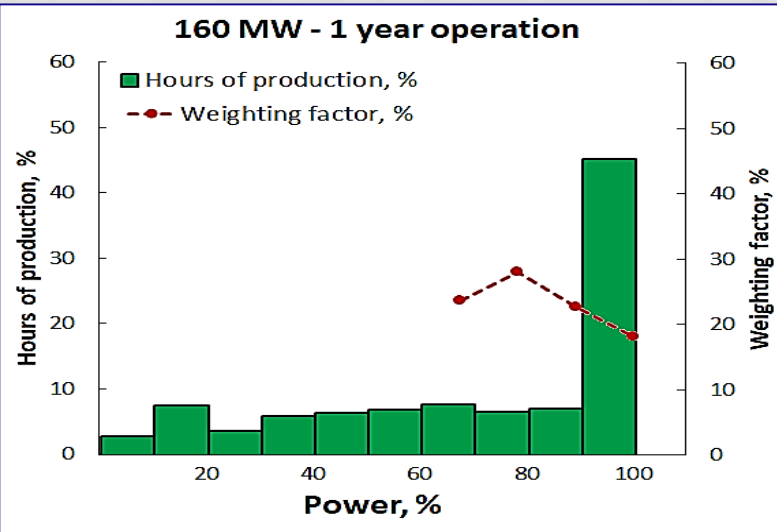
# ПРОБЛЕМА – УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБОРУДОВАНИЯ

## ИЗНОС

Динамика старения генерирующего оборудования на электростанциях России на период до 2020 года

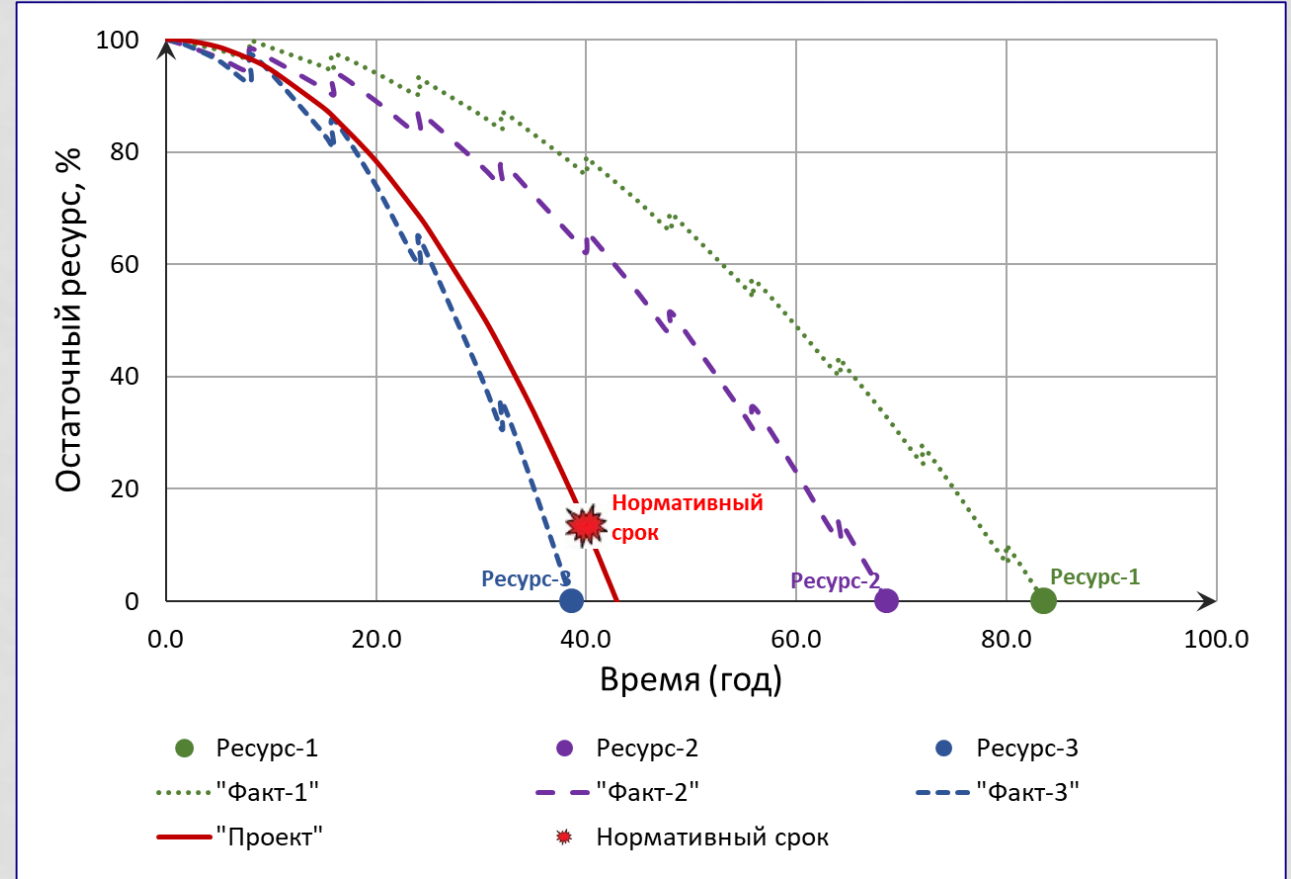


Состояние и перспективы развития электроэнергетики Заместитель Председателя Правления РАО «ЕЭС России» Воронин В.П.  
<http://900igr.net/prezentacija/fizika/sostojanie-i-perspektivy-razvitiya-elektroenergetiki-236965/dinamika-starenija-generirujushego-oborudovanija-na-elektrostantsijakh-rossii-8.html>



E. Parkinson Advanced technologies of works on repair and restoration of objects in hydropower // conference "Hydropower. Hydraulic engineering. New developments and technologies". Reports and speeches. St. Petersburg, Publishing house "VNIIG them. B. E. Vedeneva". 2017. Pp. 95-104

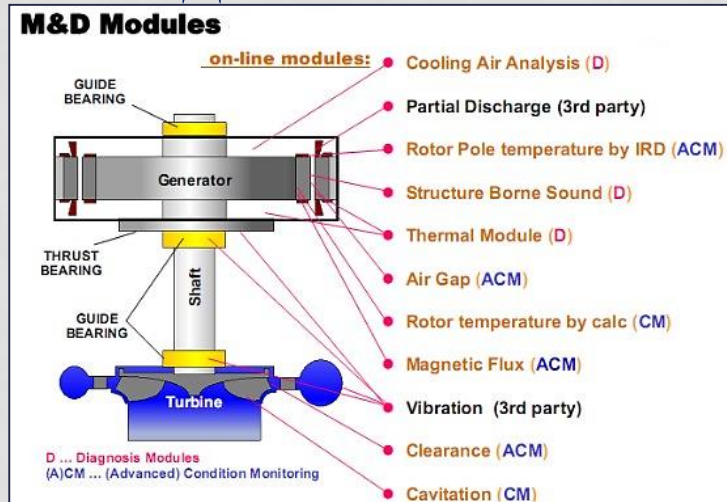
## РЕЖИМЫ



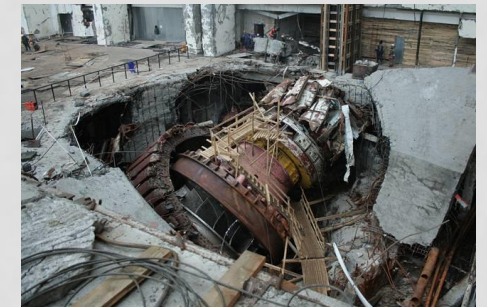
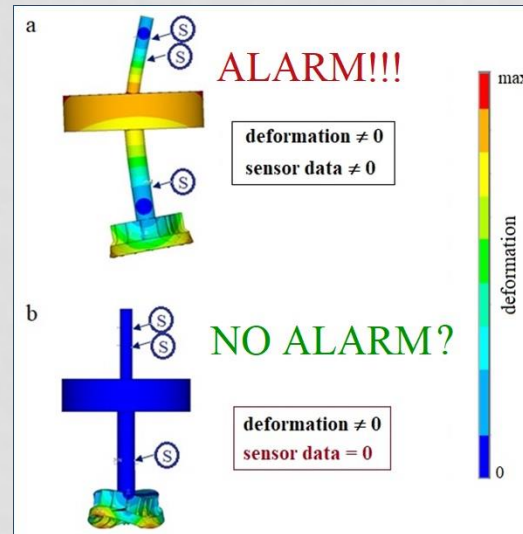
Фактический срок службы  
 Дата следующего ремонта/  
 замены/контроля

# ПУТИ РЕШЕНИЯ

## СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ



Zhou Ye. Condition Monitoring and Fault Diagnosis Technology for Large Hydropower Unit // 8-ая НТК «Гидроэнергетика. Новые разработки и технологии». СПб, 2014



Авария на Саяно-Шушенской ГЭС, 2009



Авария на Каширской ГРЭС-4, 2002

## ЭКСПЕРТНЫЙ ПОДХОД



<https://smart-lab.ru/uploads/images/01/08/84/2018/08/08/10de32c976.jpg>

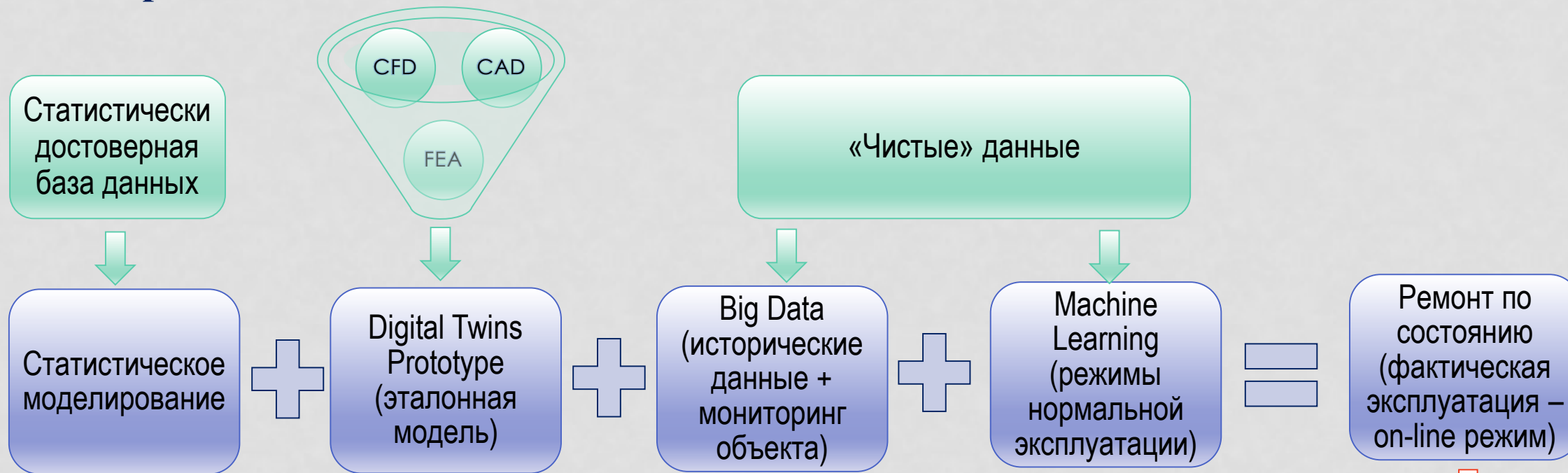
- Высокая субъективность
- Низкая повторяемость результатов
- Нет четких нормативных требований

**НЕ  
ПРЕДОТВРАЩАЮТ  
АВАРИЙ**

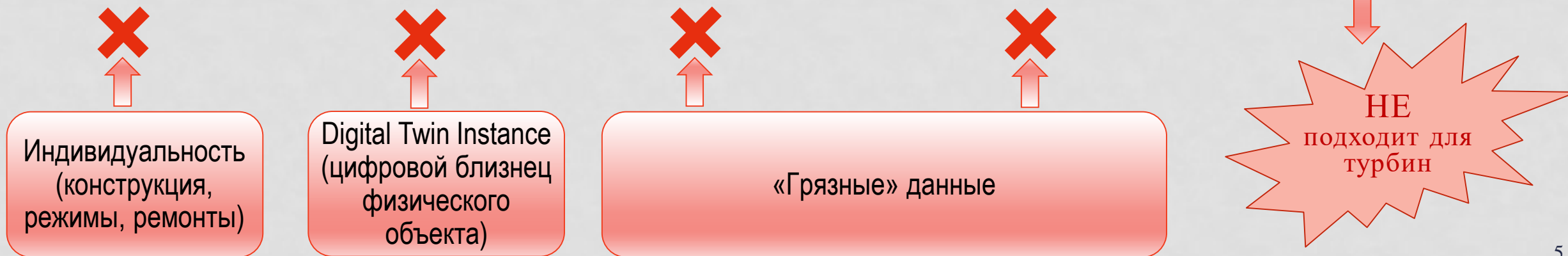
Изображения взяты из открытых источников в Интернете на <https://yandex.ru/images/>

# НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА

## «Стандартный» подход



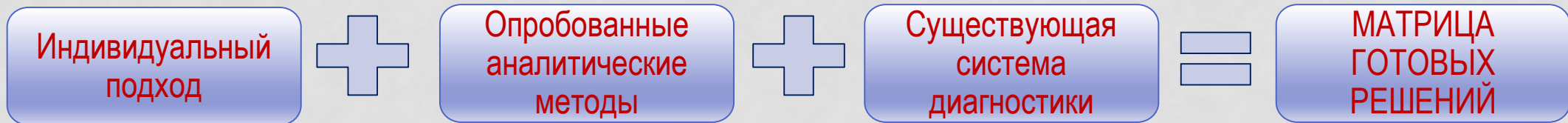
## Мощные турбоагрегаты



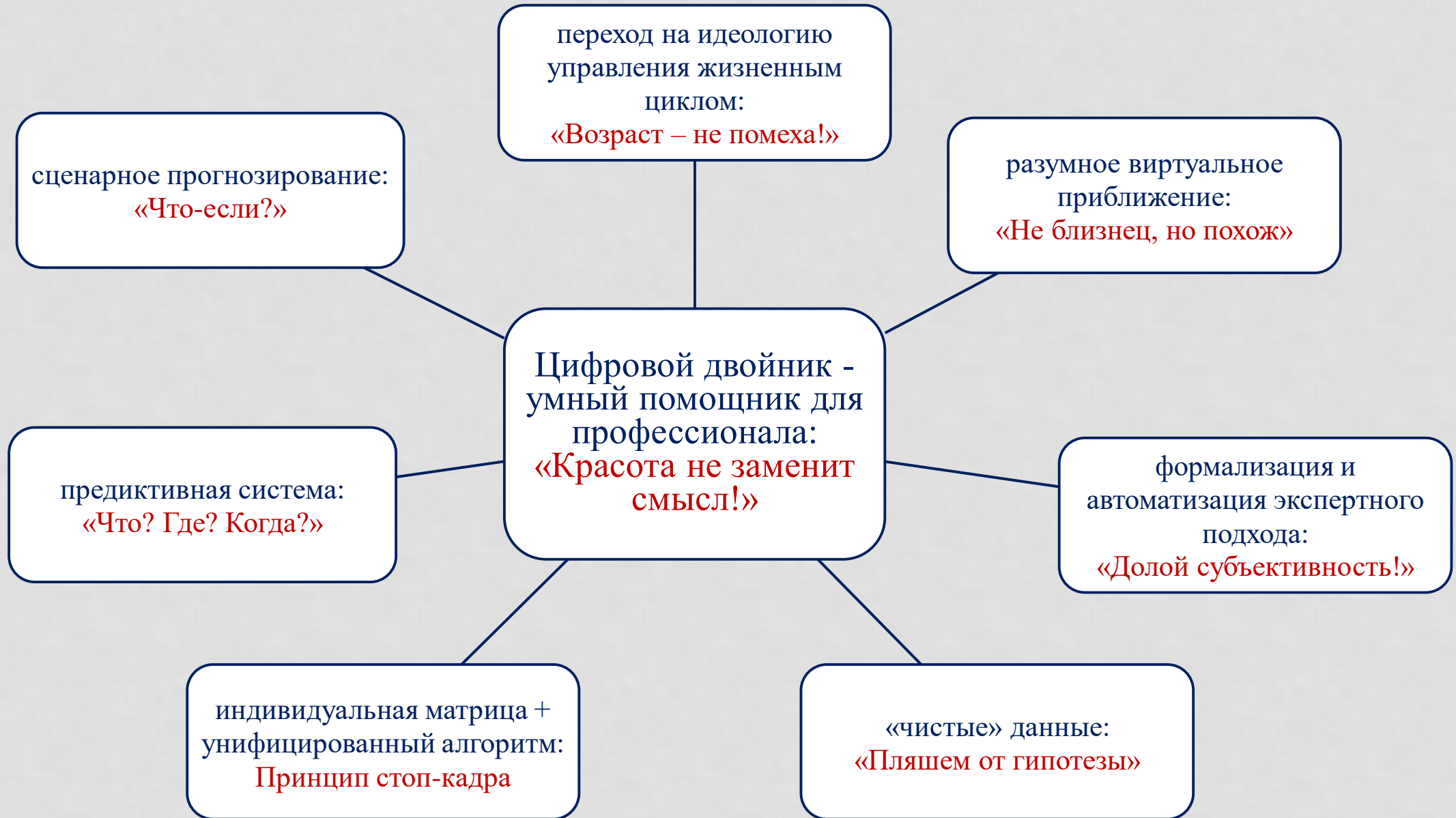
# ЧТО ДЕЛАТЬ?

Решение	Достоинства	Недостатки
<p>1. Усовершенствование систем диагностики («волшебная таблетка»):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↑ количество датчиков - 250+</li> <li>↑ чувствительность датчиков</li> <li>↑ новые типы датчиков</li> <li>↑ алгоритмы обработки информации</li> <li>↑ сети передачи данных</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ автоматизация процесса</li> <li>↑ объем анализируемых данных</li> <li>↑ количество обнаруживаемых дефектов</li> <li>↓ влияние человеческого фактора</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Обнаруживает только <b>уже существующие</b> дефекты</li> <li>↑ цена разработки и обслуживания системы диагностики</li> <li>↑ стоимость датчиков</li> <li>↑ стоимость сети передачи данных</li> <li>↑ информационный шум</li> <li>↑ проблема «грязных данных»</li> </ul>
<p>2. Усовершенствование экспертного подхода:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нормативная база</li> <li>- аналитические центры</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Индивидуальный подход</li> <li>✓ Предсказывает <b>потенциально возможные</b> дефекты</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Недоверие к «старым аналитическим» методам на фоне стремительной цифровизации общества</li> <li>✓ Нехватка специалистов</li> </ul>
<p>3. Усовершенствование систем прогностики:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- усовершенствование систем диагностики (см. п.1)</li> <li>- борьба за «чистые» данные</li> <li>- разработка новых более эффективных алгоритмов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↑ автоматизация процесса</li> <li>↑ объем анализируемых данных</li> <li>↑ количество обнаруживаемых дефектов</li> <li>↓ влияние человеческого фактора</li> <li>✓ Переход к ремонтам по состоянию</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Краткосрочный прогноз</li> <li>✓ Не подходит для малосерийного оборудования</li> <li>✓ Не подходит для сверхдлительных сроков эксплуатации</li> </ul>

**Решение: Объединить лучшее и отбросить лишнее**

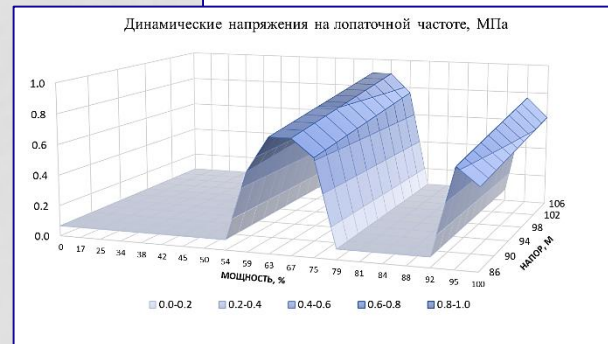
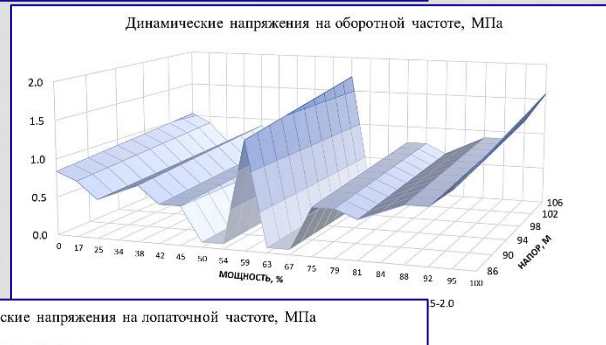
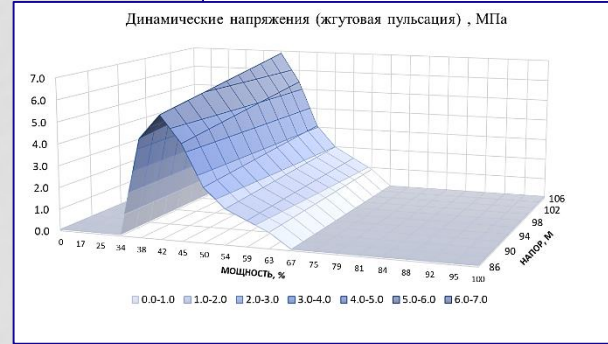
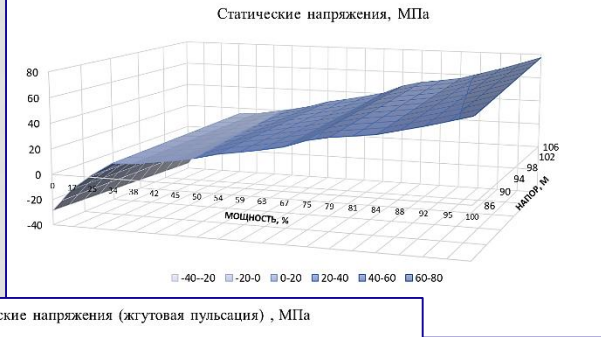
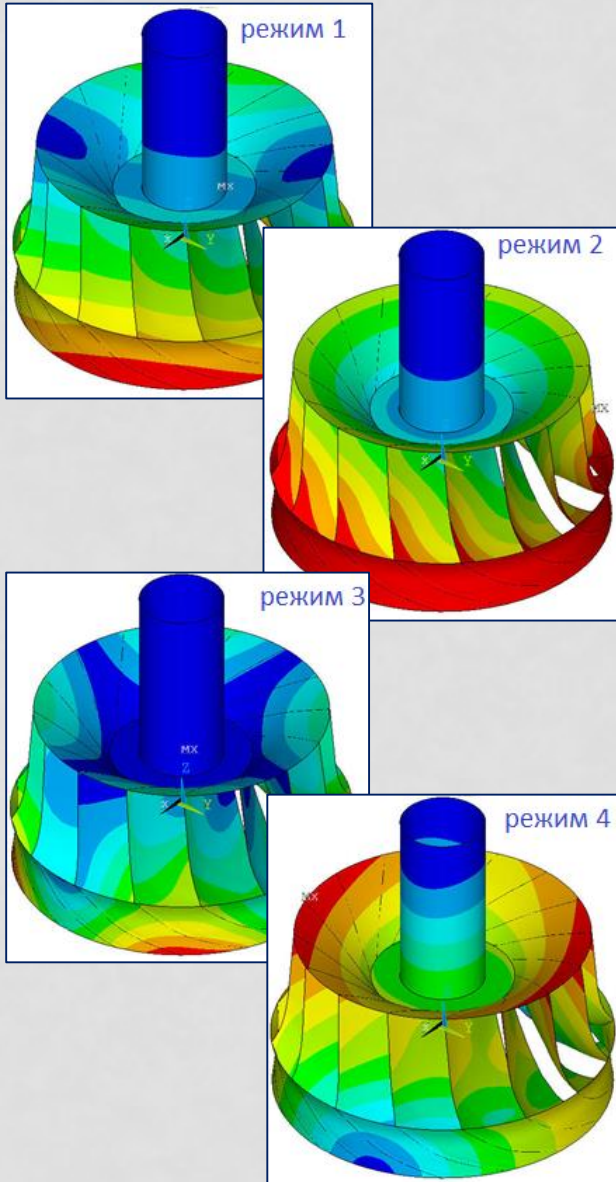


# КОНЦЕПЦИЯ – МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД



# ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД - РЕАЛИЗАЦИЯ

## Матрица готовых решений



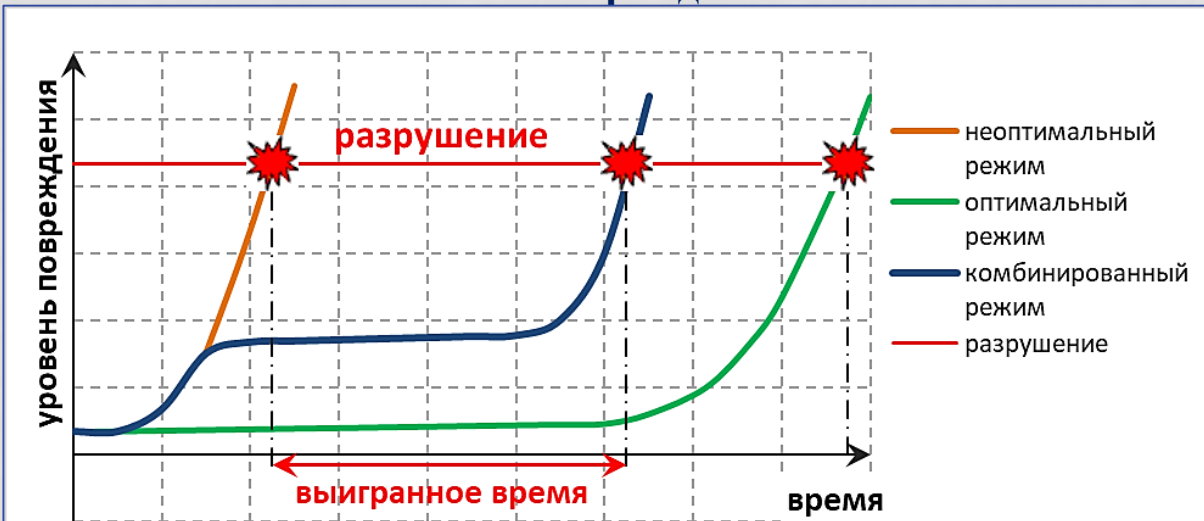
## Алгоритм



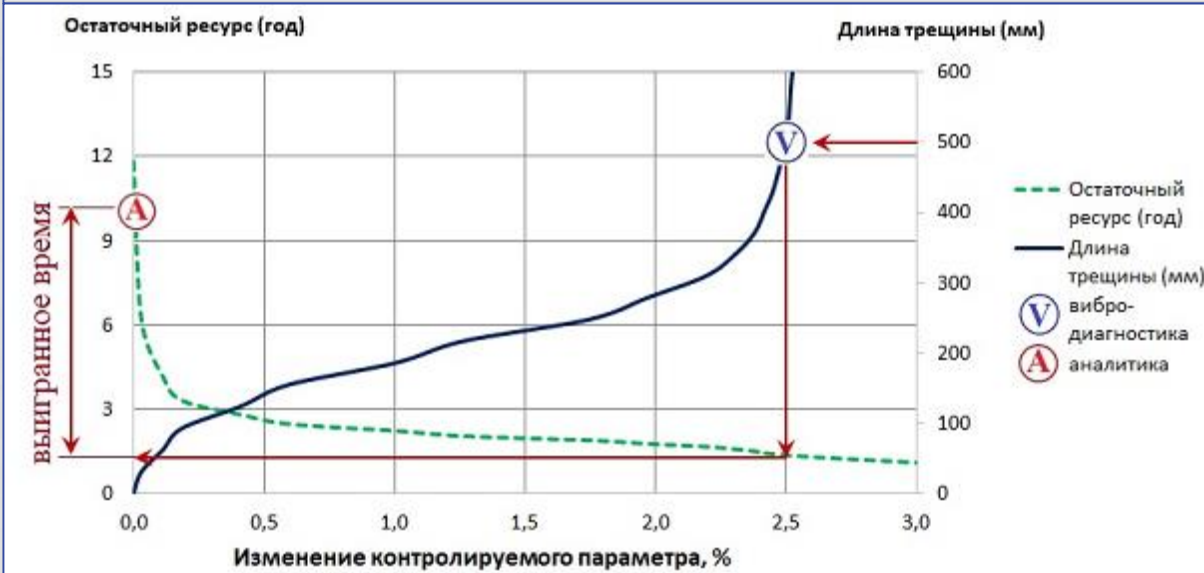


# ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: ПРОГНОЗНАЯ ФУНКЦИЯ («PREDICTIVE»)

## Интенсивность повреждений



- Учёт индивидуальных особенностей агрегатов
- Экспресс-оценка влияния режимных факторов
- Идентификация неоптимальных с точки зрения ресурса режимов эксплуатации
- Построение долгосрочных вариантных прогнозов состояния оборудования
- Раннее прогнозирование возникновения скрытых дефектов в оборудовании
- Планирование необходимых ремонтов заранее
- Экономия при переходе от планово-предупредительных к целевым ремонтам
- Прогноз соотношения «доход/издержки»
- Управление ресурсом за счет выбора оптимальных комбинаций режимных факторов



Demo Version Link

<http://bi.vdi-service.ru:443/>



Спасибо за внимание!!!

[www.cdti.ru](http://www.cdti.ru)

Тел. +7(921) 971-64-43, +7(921) 923-73-77

e-mail: [info@cdti.ru](mailto:info@cdti.ru), [sciencedir@cdti.ru](mailto:sciencedir@cdti.ru)