

# IT ЧЕМПИОНАТ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ

## КЕЙС

**Искусственный интеллект  
против внеплановых  
простоев: разработка  
интеллектуальной системы  
диагностики**



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>О ЧЕМПИОНАТЕ</u>	3
<u>О КОМПАНИИ</u>	4
<u>ЗАДАНИЕ</u>	6
<u>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</u>	11
<u>ТРЕБОВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ</u>	14
<u>ПОЛЕЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</u>	17

## ПАРТНЕРЫ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Министерство энергетики  
Российской Федерации**

Федеральный орган исполнительной власти Российской Федерации, осуществляющий функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере топливно-энергетического комплекса.



Центр компетенций  
технологического  
развития ТЭК  
при Минэнерго России

**Центр компетенций  
технологического развития ТЭК при  
Минэнерго России**

Центр компетенций, созданный при взаимодействии Минэнерго РФ с Минпромторгом РФ для содействия реализации проектов создания отечественной техники и технологий для нужд ТЭК.

**ПАО «Газпром нефть»**

Вертикально-интегрированная нефтяная компания, основные виды деятельности которой – разведка и разработка месторождений нефти и газа, нефтепереработка, а также производство и сбыт нефтепродуктов. Компания входит в число лидеров российской нефтяной индустрии по эффективности.

## ОРГАНИЗАТОР



Энерготехнохаб  
Петербург

**«Энерготехнохаб Петербург»**

Экосистема развития инноваций в области традиционной и альтернативной энергетики, созданная совместно с Правительством Санкт-Петербурга. Проект стимулирует создание стартапов, которые помогают преодолевать технологические вызовы энергетических корпораций.

## ОПЕРАТОР



МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЧЕМПИОНАТ  
**CASE-IN**

**Международный инженерный  
чемпионат «CASE-IN»®**

Международная система соревнований по решению инженерных кейсов для школьников, студентов и молодых специалистов топливно-энергетического и минерально-сырьевого комплексов, атомной промышленности и смежных отраслей. Проект входит в платформу «Россия – страна возможностей» и реализуется в соответствии с Планом мероприятий, направленных на популяризацию рабочих и инженерных профессий, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 5 марта 2015 г. № 366-р.

**«Газпром нефть»** – вертикально-интегрированная нефтяная компания, которая занимается разведкой и разработкой месторождений нефти и газа, нефтепереработкой, производством и реализацией нефтепродуктов. В структуру «Газпром нефти» входят более 70 нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и сбытовых предприятий.

По объему добычи и переработки нефти «Газпром нефть» входит в тройку крупнейших компаний России. Ключевой акционер «Газпром нефти» – ПАО «Газпром» (95,68%). Остальные акции находятся в свободном обращении.

#### Разведка и добыча

«Газпром нефть» ведет работу в крупнейших российских нефтегазовых регионах: Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах, Томской, Омской, Оренбургской областях, республике Саха. Кроме того, компания реализует проекты в сфере добычи за пределами России.

#### Переработка и продажа нефтепродуктов

Компания демонстрирует одно из лучших в российской отрасли соотношение добычи и переработки. Основные перерабатывающие мощности компании находятся в Омске, Москве и Ярославле, а также в сербском городе Панчево.

«Газпром нефть» реализует масштабную программу технологической и экологической модернизации своих НПЗ, направленную на повышение эффективности нефтепереработки и снижение воздействия предприятий на окружающую среду.

Сеть автозаправочных станций под управлением «Газпром нефти» насчитывает порядка 2,4 тысячи АЗС в России и за рубежом. Компания также заправляет своим топливом самолеты, морской и речной транспорт, производит высокотехнологичные масла для промышленной и автомобильной техники, битум для строительства качественных дорог, развивает проекты альтернативной энергетики.





Омский нефтеперерабатывающий завод (Омский НПЗ) — один из крупнейших и наиболее современных нефтеперерабатывающих заводов России, расположенный в городе Омске. Входит в состав компании «Газпром нефть» и является ключевым звеном в её производственной цепочке. История завода началась в 1955 году, когда он был построен для переработки нефти, добываемой в Западной Сибири.

Омский НПЗ обладает мощностью переработки около 21 миллиона тонн нефти в год, что делает его одним из лидеров среди российских НПЗ по объему производства. Завод производит широкий ассортимент продукции, включая автомобильные бензины, дизельное топливо, авиа керосин, мазут, битумы и другие нефтепродукты. Особое внимание уделяется выпуску экологически чистого топлива класса Евро-5, что соответствует самым строгим международным стандартам.

В последние годы на предприятии реализован ряд масштабных проектов модернизации, направленных на повышение эффективности переработки, снижение экологической нагрузки и расширение ассортимента продукции. Благодаря внедрению современных технологий, завод значительно увеличил выпуск светлых нефтепродуктов и снизил долю мазута в структуре выпуска.

Омский НПЗ играет важную роль в экономике региона, обеспечивая рабочие места для тысяч человек и поддерживая развитие смежных отраслей. Также предприятие активно участвует в социальных и экологических программах, направленных на улучшение качества жизни местного населения и минимизацию воздействия на окружающую среду.

Сегодня Омский НПЗ остается символом промышленного потенциала Сибири и примером успешной интеграции передовых технологий в традиционную нефтеперерабатывающую отрасль.



## ОТ АВТОРОВ КЕЙСА

Организаторы Чемпионата разработали данный кейс исключительно в образовательных целях. В частности, кейс впервые будет использован в рамках IT-чемпионата нефтяной отрасли

### Проблематика

- Ежегодно только на объектах переработки происходит множество отказов электрического и динамического оборудования. Множество единиц динамического оборудования не оснащены системами мониторинга технического состояния, соответственно их отказы являются внезапными, что влечет дополнительные расходы на устранение последствий отказов;
- Высокая стоимость оснащения динамического оборудования системами вибродиагностики и вибромониторинга;
- Не всегда имеется возможность вмешательства в конструкцию агрегатов для установки датчиков вибрации

### Гипотезы

- С помощью сигналов тока электродвигателя возможно оценивать техническое состояние динамического оборудования в реальных условиях эксплуатации и выявлять дефекты на ранней стадии развития;
- Стоимость оснащения динамического оборудования системой токовой диагностики значительно ниже по сравнению с системой вибродиагностики

Дорогие участники!

НАША КОМПАНИЯ С НЕТЕРПЕНИЕМ ЖДЕТ ВАШИХ РЕШЕНИЙ!



### О чём этот кейс

Задание – разработать решение с использованием технологий машинного обучения, которое поможет:

- Сократить материальные и трудовые затраты на оснащение динамического оборудования системами мониторинга и диагностики;
- Расширить охват динамического оборудования системами диагностики и мониторинга



## ЗАДАЧИ КЕЙСА

### Анализ существующих подходов

- Исследования методов диагностики оборудования;
- Идентификация перспективных технологий (включая ML)

### Формулировка требований

- Бизнес-требования;
- Функционально-технические требования и нефункциональные требования, включая информационную безопасность и требования к вычислительной инфраструктуре;
- Расчет экономического эффекта (затраты и окупаемость), в том числе оценка рыночного потенциала

### Обоснование выбора компонентов

- Отечественные технологии;
- Современные подходы к диагностике

### Разработка архитектуры и инфраструктуры решения

- Проектирование системы в соответствии с требованиями;
- Преимущества и недостатки выбранных технологий;
- Проектирование возможной схемы сбора, обработки, хранения и передачи данных, от объекта до информационной системы

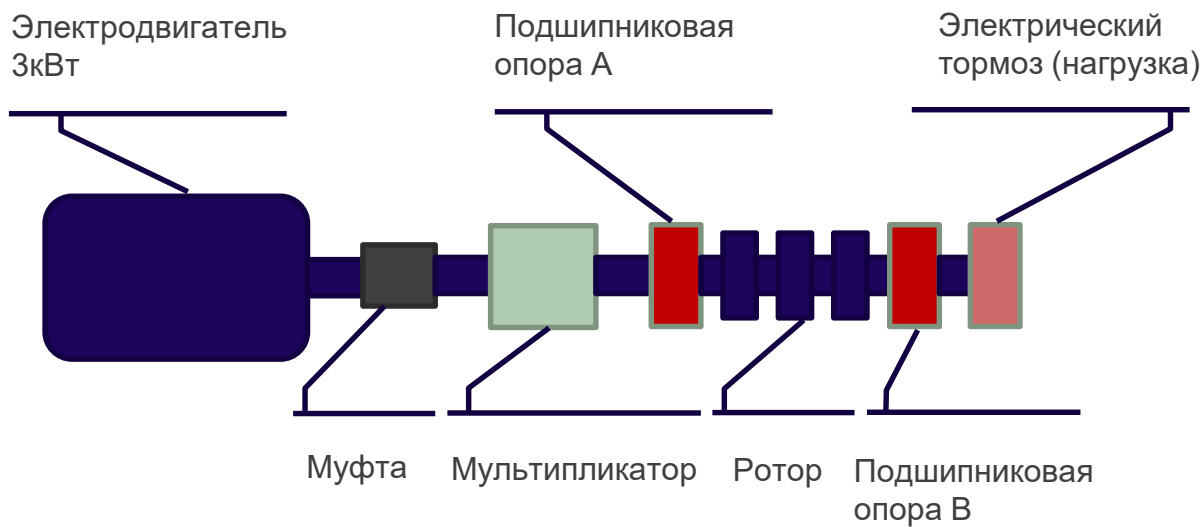
### Реализация продукта

- Разработка прототипа для демонстрации



ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ



ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Тип ЭД	Асинхронный
Номинальная мощность ЭД, кВт	3
Подшипники	NSK6205DDU
Номинальная частота вращения ЭД, об/мин	1770
Номинальная частота вращения выходного вала мультипликатора, об/мин	3010
Частота дискретизации сигналов тока потребления ЭД, кГц	25,6

Сигналы тока записываются синхронно. Формат файлов – CSV.  
Каждая строка в файле - мгновенные значения тока по каждой фазе в амперах.

Требуется для каждого испытания установить:

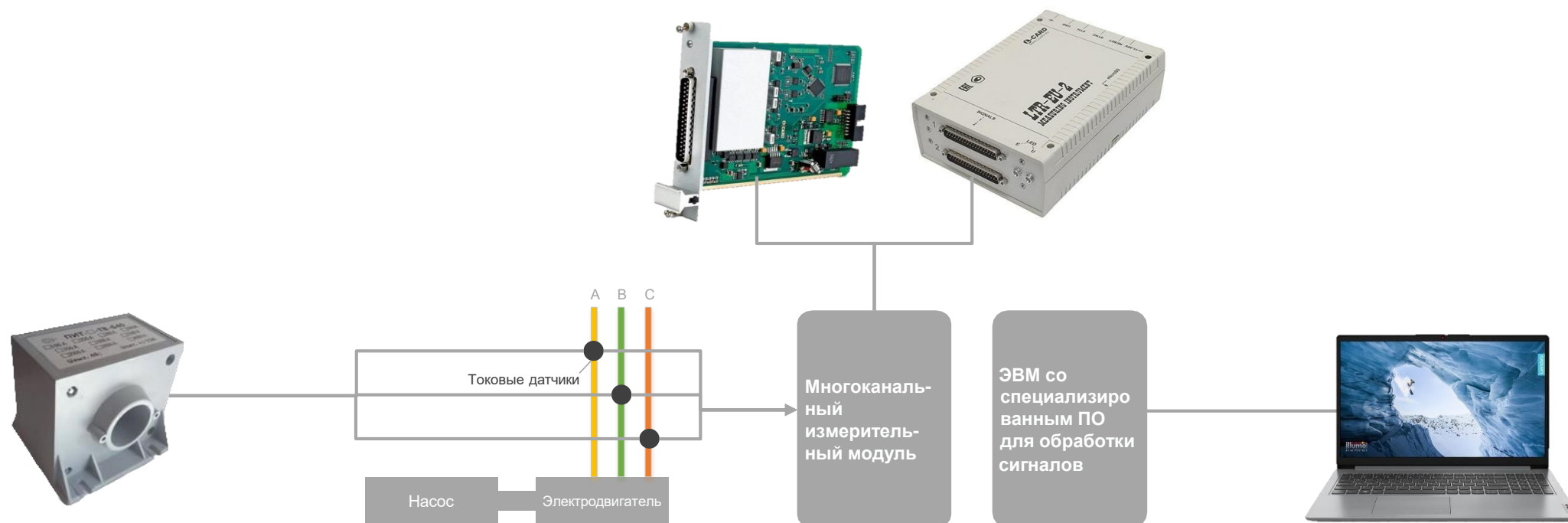
- ✓ **Наличие дефекта**
- ✓ **Вид дефекта** (дефект наружного кольца подшипника, дефект внутреннего кольца подшипника, дефект тел качения, дефект сепаратора, дисбаланс, расцентровка)
- ✓ **Степень его развития** (в неких относительных единицах)



Основные данные



## СХЕМА СБОРА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ



## ОГРАНИЧЕНИЯ

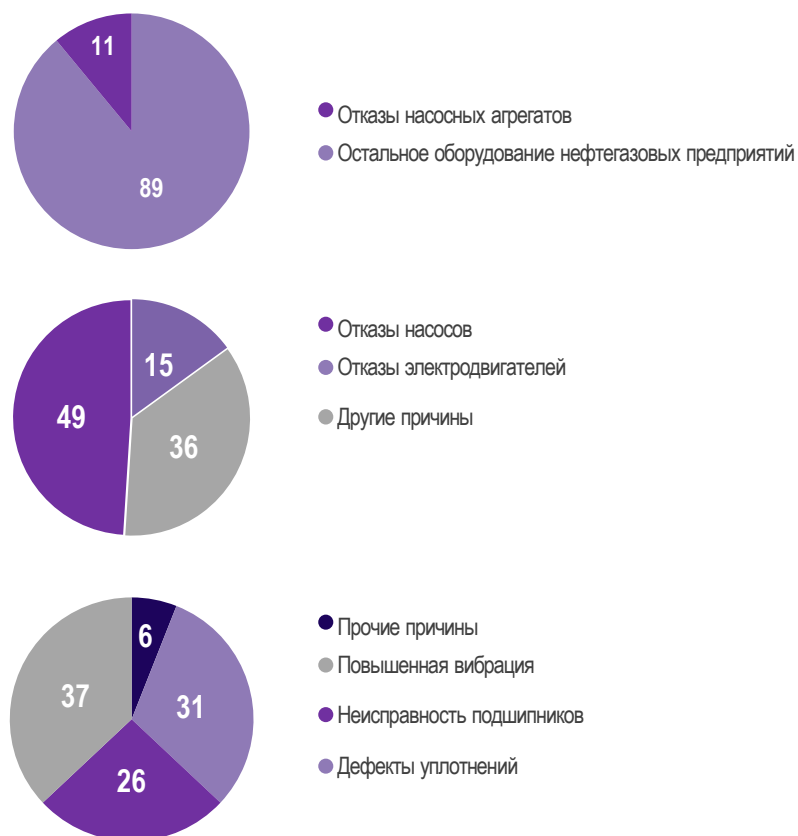
### Соответствие предлагаемых решений:

1. Юридические и правовые ограничения
  - Патентная чистота решения
  - Соблюдение авторских прав на используемые технологии
2. Технические ограничения
  - Доступность компонентов (аппаратные компоненты / программное обеспечение)
  - Совместимость с существующими системами
3. Архитектурные ограничения
  - Модульность решения для удобства модернизации
  - Возможность масштабирования
  - Интеграция новых алгоритмов без значительных изменений базовой архитектуры
5. Операционные ограничения
  - Простота внедрения и использования (наличие инструкций, минимальные затраты ресурсов для внедрения, удобство использования)
  - Время настройки системы
  - Процедуры обновления ПО/оборудования
  - Резервирование и отказоустойчивость
6. Переносимость и адаптивность
  - Возможность применения решения в разных отраслях
  - Адаптация к различным типам оборудования
  - Переносимость на различные платформы (облако, локальные серверы, edge-устройства)
7. Безопасность
  - Защита данных и конфиденциальность
  - Предотвращение несанкционированного доступа



## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Доля отказов и распределение причин отказов центробежных насосных агрегатов



## Перечень дефектов, которые возможно обнаружить с помощью токовой диагностики

## 1. Дефекты ротора:

- Обрыв стержней ротора;
- Ослабление соединительной муфты;
- Асимметрия ротора.

## 2. Дефекты статора:

- Асимметрия фазных токов;
- Межвитковые замыкания в обмотке статора;
- Однофазное и междуфазное короткие замыкания (КЗ).

## 3. Дефекты подшипников

- Тела качения;
- Внутренняя дорожка;
- Внешняя дорожка

## 4. Эксцентриситет воздушного зазора

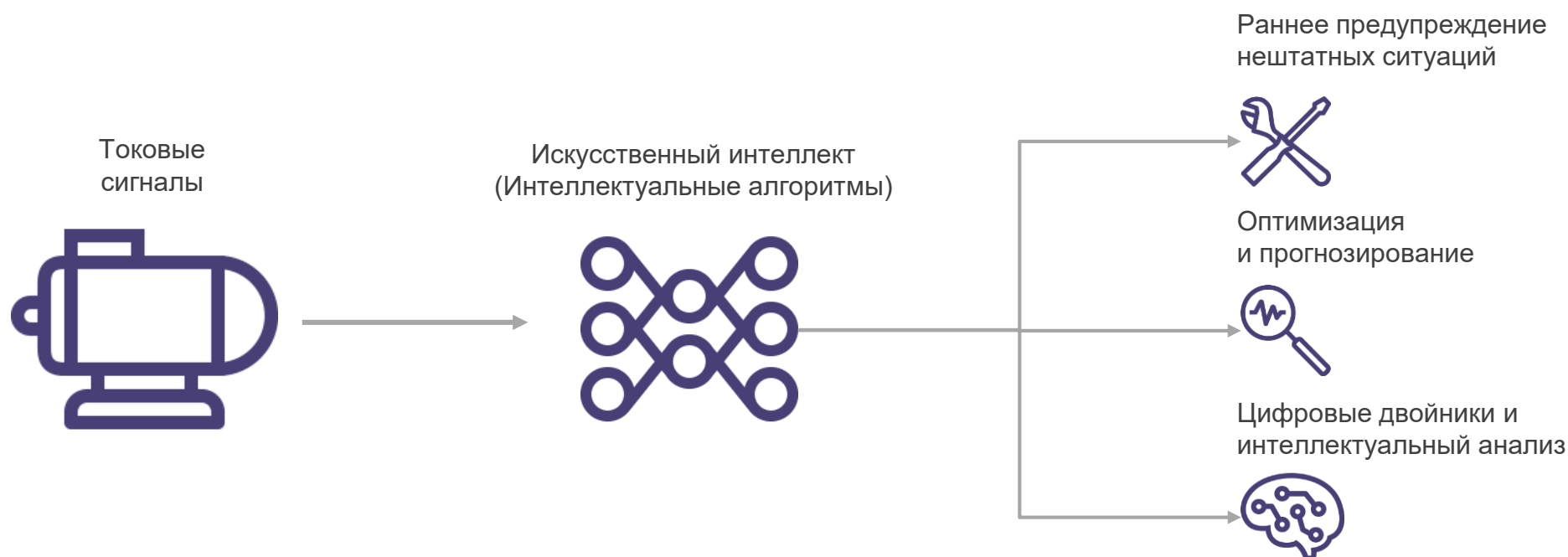


## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Современные технологии стремительно развиваются, и одним из перспективных направлений области управления в технических системах является применение методов искусственного интеллекта (ИИ) для мониторинга и диагностики промышленного оборудования. Многие современные методы предиктивной аналитики берут своё начало в диагностике вращающихся механизмов, основой которых в подавляющем большинстве случаев выступают электродвигатели. Они являются ключевыми элементами практически всех отраслей промышленности.

Токовая диагностика электродвигателей — это метод оценки состояния оборудования на основе анализа параметров тока, потребляемого двигателем. Однако классические методы часто не справляются с обработкой больших объемов данных или выявлением сложных аномалий, что затрудняет работу в реальном времени. Применение методов ИИ совместно с классическими методами может стать мощным инструментом для повышения точности и эффективности диагностики.

Идея заключается в том, что использование алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения позволит значительно повысить точность и скорость выявления дефектов в электродвигателях по данным токовой диагностики. Это станет возможным благодаря способности методов ИИ находить скрытые закономерности в данных, которые трудно или невозможно обнаружить с помощью традиционных методов.



## КОМАНДА

ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРЕДЛАГАЕМ СФОРМИРОВАТЬ КОМПЛЕКСНУЮ КОМАНДУ СПЕЦИАЛИСТОВ\*.

ВАРИАНТ КОМАНДЫ ПРОЕКТА:

**Бизнес-аналитик**

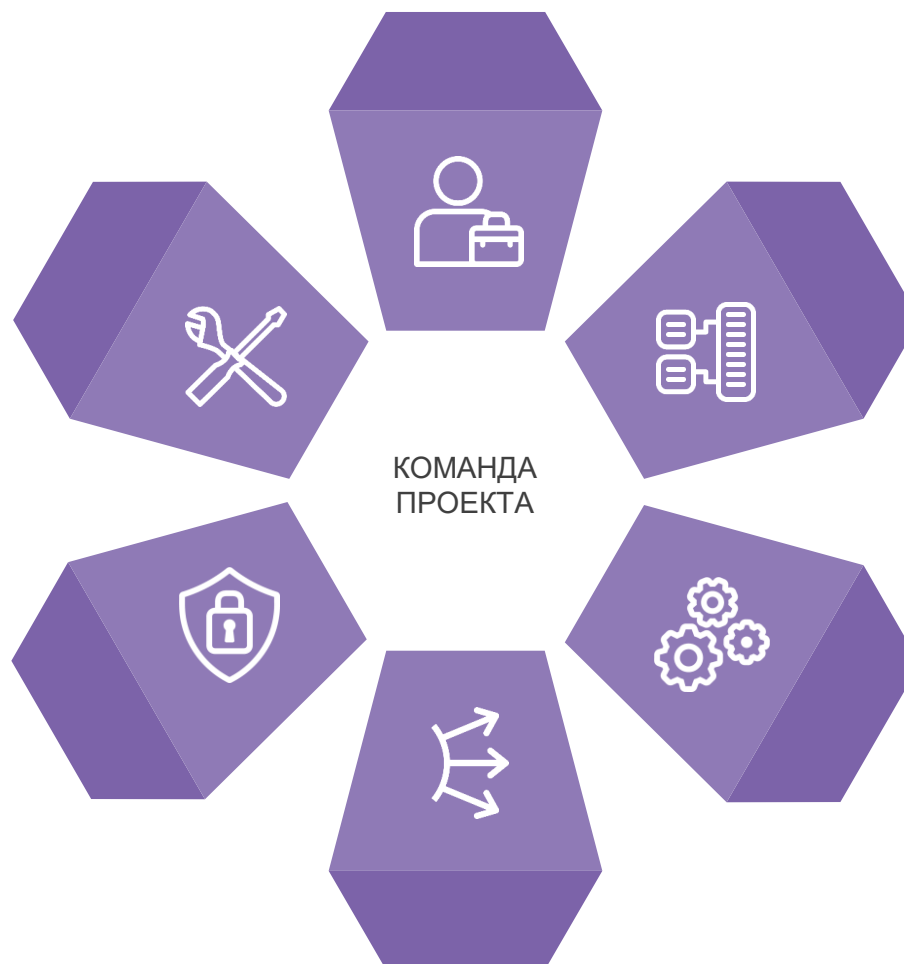
формализует бизнес- и функциональные требования проекта, выявит эффекты от внедрения решения

**Архитектор**

разработает архитектуру решения

**Специалист по информационной безопасности**

обеспечит защищенность решения

**Системный аналитик**

сформирует функциональные и нефункциональные требования

**Разработчик**

будет ответственным за реализацию продукта

**Специалист по инфраструктуре**

выберет и предложит как использовать инфраструктуру (как программную так и аппаратную)

\* В зависимости от количества членов команды на одного участника может возлагаться несколько ролей

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

КРИТЕРИИ	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
<b>Техническая реализация решения</b> <b>0,25</b>	<p>Решение не реализовано в соответствии с заявленной архитектурой и требованиями. Интерфейс интуитивно не понятен, не содержит графики/ диаграммы/ мнемосхемы/ тренды, не реализованы дополнительные возможности (формирование отчетов, оперативное информирование). Оценивается производительность системы (время отклика, задержки при обработке данных, использование ресурсов).</p>	<p>Решение реализовано в соответствии с заявленной архитектурой и не по всем представленным в задании требованиям. Интерфейс интуитивно не понятен, не содержит графики/ диаграммы/ мнемосхемы/ тренды, не реализованы дополнительные возможности (формирование отчетов, оперативное информирование). Оценивается производительность системы (время отклика, задержки при обработке данных, использование ресурсов).</p>	<p>Решение реализовано в соответствии с заявленной архитектурой и требованиями. Интерфейс интуитивно не понятен, не содержит графики/ диаграммы/ мнемосхемы/ тренды, не реализованы дополнительные возможности (формирование отчетов, оперативное информирование). Оценивается производительность системы (время отклика, задержки при обработке данных, использование ресурсов).</p>	<p>Решение реализовано в соответствии с заявленной архитектурой и требованиями. Интерфейс интуитивно понятен, содержит графики/ диаграммы/ мнемосхемы/ тренды, не реализованы дополнительные возможности (формирование отчетов, оперативное информирование). Оценивается производительность системы (время отклика, задержки при обработке данных, использование ресурсов).</p>	<p>Решение реализовано в соответствии с заявленной архитектурой и требованиями. Интерфейс интуитивно понятен, содержит графики/ диаграммы/ мнемосхемы/ тренды, реализовано разделение ролей, реализованы дополнительные возможности (формирование отчетов, оперативное информирование). Оценивается производительность системы (время отклика, задержки при обработке данных, использование ресурсов).</p>
<b>Демонстрация решения</b> <b>0,15</b>	<p>Решение не готово к демонстрации.  Решение не выявляет отклонения от нормы и не выявляет дефекты оборудования.</p>	<p>Демонстрация возможна, но требует доработки. Демонстрация решения не последовательна и не интерактивна. Демонстрация решения осуществляется с помощью скриншотов и фотографий. Слабый интерфейс, непродуманная логика. Решение выявляет отклонения от нормы, но не выявляет дефекты оборудования.</p>	<p>Демонстрация возможна, но требует доработки. Демонстрация решения не последовательна и не интерактивна (показывают решение, не скриншоты или фотографии решения). Демонстрация решения осуществляется с помощью скриншотов и фотографий. Решение выявляет отклонения от нормы и выявляет дефекты оборудования.</p>	<p>Продемонстрирован полный функционал решения ( в соответствии с БТ и ФТТ и НФТ). Демонстрация решения не последовательна и не интерактивна (показывают решение, не скриншоты или фотографии решения). Демонстрация решения осуществляется в реальном времени (не скриншоты и фотографии). Решение выявляет отклонения от нормы и выявляет дефекты оборудования.</p>	<p>Продемонстрирован полный функционал решения ( в соответствии с БТ и ФТТ и НФТ). Демонстрация решения последовательна и интерактивна (показывают решение, не скриншоты или фотографии решения). Демонстрация решения осуществляется в реальном времени (не скриншоты и фотографии). Решение выявляет отклонения от нормы и выявляет дефекты оборудования.</p>



## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

КРИТЕРИИ	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
<b>Архитектура решения и используемые технологии и компоненты</b>  <b>0,1</b>	<p>Архитектура отсутствует или не соответствует решаемой задаче.</p> <p>Нет обоснования, слабая технологическая база, не инновационные компоненты.</p>	<p>Архитектура частично соответствует БД, ФТТ и НФТ. Архитектура частично логична, но без гибкости и масштабируемости.</p> <p>Компоненты отвечают за реализацию своих функций (микросервисная архитектура). Архитектура предполагает слабый рост нагрузки на решения и не имеет масштабируемости. Архитектура предполагает использование стандартизированных протоколов и интерфейсы взаимодействия. Отдельные технологические элементы не соответствуют задачам.</p>	<p>Архитектура соответствует БД, ФТТ и НФТ. Архитектура логична, но без гибкости и масштабируемости.</p> <p>Компоненты отвечают за реализацию своих функций (микросервисная архитектура). Архитектура предполагает слабый рост нагрузки на решения и не имеет масштабируемости. Архитектура предполагает использование стандартизированных протоколов и интерфейсы взаимодействия. Технологии применимы, но не полностью обоснованы.</p>	<p>Архитектура соответствует БД, ФТТ и НФТ. Архитектура имеет модульную структуру, но не до конца раскрыта.</p> <p>Компоненты отвечают за реализацию своих функций (микросервисная архитектура). Архитектура предполагает слабый рост нагрузки на решения и имеет небольшую масштабируемость. Архитектура предполагает использование стандартизированных протоколов и интерфейсы взаимодействия. Учитываются задачи диагностики, есть инновационные подходы, но неполная реализация.</p>	<p>Архитектура соответствует БД, ФТТ и НФТ. Архитектура имеет модульную структуру, каждый компонент отвечает за реализацию своих функций (микросервисная архитектура). Архитектура предполагает рост нагрузки на решения и имеет масштабируемость. Архитектура предполагает использование стандартизированных протоколов и интерфейсы взаимодействия. Архитектура предполагает использование в качестве реального решения для реальных технологических объектов. Учитываются задачи диагностики (технологии применимы), полная реализация инновационных подходов.</p>
<b>Конкурентоспособность и перспективы внедрения</b>  <b>0,1</b>	<p>У представленной экономической модели нет потенциала для внедрения. Анализ решений не проведен. Решение не готово к внедрению. Не представлены юридические и регуляторные аспекты.</p>	<p>Представлена экономическая модель с ограниченной применимостью, без коммерциализации. В анализе существующих подходов не оценены текущие решения на рынке, нет рыночного потенциала. Готовность к внедрению решения минимальная. Юридические и регуляторные аспекты (используются разрешенные к применению библиотеки/решения) ограничены.</p>	<p>Представлена реалистичная экономическая модель, но применимость ограничена и без четкой коммерциализации. В анализе существующих подходов оценены текущие решения на рынке, без рыночного потенциала. Готовность к внедрению решения низкая. Учтены юридические и регуляторные аспекты (используются разрешенные к применению библиотеки/решения).</p>	<p>Представлена реалистичная экономическая модель, но применимость ограничена. В анализе существующих подходов оценены текущие решения на рынке и рыночный потенциал. Решение готово к внедрению с небольшими корректировками (разработка завершена). Оценка юридических и регуляторных аспектов (используются разрешенные к применению библиотеки/решения).</p>	<p>Представлены экономические эффекты решения. В анализе существующих подходов оценены текущие решения на рынке и рыночный потенциал. Оценивается готовность к внедрению решения (разработка завершена). Оценка юридических и регуляторных аспектов (используются разрешенные к применению библиотеки/решения).</p>

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

КРИТЕРИИ	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
<b>Использование инструментов искусственного интеллекта</b> <b>0,1</b>	Производится определение аномалий на основе методов ИИ.	Производится определение аномалий с их нелокализованной классификацией на основе методов ИИ.	Производится определение аномалий с их точной классификацией и локализацией на основе методов ИИ.	Производится определение аномалий с их точной классификацией и локализацией на основе методов ИИ. Оператору выдается интерпретированная информация о текущих аномалиях.	Производится определение аномалий с их точной классификацией и локализацией на основе методов ИИ. Оператору выдается интерпретированная информация о текущих аномалиях, предложен прогнозный алгоритм.
<b>Презентация и оценка требований</b> <b>0,1</b>	Презентация не готова к демонстрации. Презентация не имеет описания решения. БТ/ФТТ/НФТ включены в состав презентации. Отсутствует экономический расчет.	Презентация не готова к демонстрации. Презентация имеет неполное описание решения. Перечень БТ/ФТТ/НФТ является необходимым и полным. Отсутствует экономический расчет.	Существуют заметные недостатки в презентации. БТ/ФТТ/НФТ трактуются однозначно и согласованы между собой. Экономический расчет произведен неточно.	Презентация готова к демонстрации с незначительными отклонениями, не влияющими на общий результат. Презентация имеет описание решения. БТ/ФТТ/НФТ свободны от технической реализации и верифицированы. Экономический расчет, отдельные элементы требуют корректировки.	Презентация готова к демонстрации. Презентация представлена по шаблону. В презентации отражены существующие подходы. Для всей группы БТ/ФТТ/НФТ прослеживается согласованность, полнота и реализуемость. Экономический расчет, обоснование выбора компонентов, архитектура, решение (интерфейс, возможности) не требуют корректировок.
<b>Инфраструктура решения</b> <b>0,1</b>	Не предусмотрена схема хранения, передачи и обработки данных, используются только данные представленные в кейсе.	Разработан автоматический сбор данных с неопределенной частотой, предусмотрено локальное хранение данных.	Разработана система автоматического сбора и обработки данных, продумано централизованное хранение данных, предусмотрена аналитика и мониторинг системы.	Разработана система автоматического сбора и обработки данных, продумано централизованное хранение данных, проведен расчет каналов связи, продуманы механизмы устойчивости инфраструктуры, предусмотрена аналитика и мониторинг системы.	Разработана система автоматического сбора и обработки данных, продумано централизованное хранение данных, проведен расчет каналов связи, продуманы механизмы устойчивости инфраструктуры, предусмотрена аналитика и мониторинг системы, предложена схема граничных вычислений, вычисления распределены между компонентами инфраструктуры системы.
<b>Информационная безопасность</b> <b>0,1</b>	Верно определен класс системы (по назначению) приведено обоснование выбора ответа.	Представлен список требований ИБ к технологиям используемым в решении и классу системы.	Выбор технологий защиты предложен в соответствии с угрозами и источниками этих угроз.	Ко всем обоснованным требованиям предложены решения с точки зрения информационной безопасности.	Ко всем обоснованным требованиям предложены решения с точки зрения информационной безопасности. Комплекс решений по ИБ соответствует промышленным стандартам, определены требования по безопасности алгоритмов, предложен механизм мониторинга и аудита аномалий, проработаны схемы реагирования на угрозы.

## ПОЛЕЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ССЫЛКИ НА ИСТОЧНИКИ

- Диагностика динамического оборудования;
- Вибродиагностика;
- ГОСТ ISO 20958-2015 «СИГНАТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ»
- ГОСТ Р 55100-212 Методы токовой диагностики электрооборудования
- РД 34.35-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования
- ГОСТ Р 56542-2015 Диагностика технического состояния электрооборудования
- ГОСТ Р 57700.37-2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения
  
- <https://drive.fondsmena.ru/s/3fiHapYG8cpbafk> - основные данные задания Чемпионата.
- [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41412297\\_19051034.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41412297_19051034.pdf) - статья о прогнозировании ресурса кабельных линий с использованием метода искусственных нейронных сетей
- [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_13037097\\_77781197.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_13037097_77781197.pdf) - статья о разработки методики токовой диагностики асинхронных двигателей по осциллограммам нестационарных режимом работы
- [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_67215603\\_45447060.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67215603_45447060.pdf) - статья, описывающая архитектуру киберфизической системы прогнозирования электропотребления на основе нейронной сети
- [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44451349\\_90738198.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44451349_90738198.pdf) - статья посвящена исследованиям вопросам создания диагностики и прогнозирования термофлуктуационных процессов изоляционных материалов силовых кабельных линий (СКЛ) электроэнергетических систем на основе методов искусственного интеллекта.
- [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_61788662\\_48638589.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_61788662_48638589.pdf) - рассматривается программно-моделируемый комплекс системы управления энергосетью и её элементами.
- <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/21/4029> - Evaluation of Current Signature in Bearing Defects by Envelope Analysis of the Vibration in Induction Motors
- <https://www.extrica.com/article/15126> - Vibration and motor current analysis of induction motors to diagnose mechanical faults
- <https://power-mi.com/content/typical-bearing-defects-and-spectral-identification> - Typical bearing defects and spectral identification



# УДАЧИ В РЕШЕНИИ КЕЙСА!

Данный кейс (содержание кейса) является интеллектуальной собственностью, право на которую принадлежит Партнерам IT-чемпионата. Данный кейс (содержание кейса) охраняется законом РФ о защите прав на результаты интеллектуальной деятельности, международным законодательством в этой области, а также законодательством в области защиты информации. Данный кейс и/или любая его часть могут быть использованы исключительно в рамках и в период проведения IT-чемпионата нефтяной отрасли. Лица, виновные в нарушении авторских прав и исключительных прав на использование кейса (содержания кейса), будут привлечены к гражданско-правовой, административной, уголовной ответственности в соответствии с действующим на территории РФ законодательством – Гражданским кодексом РФ (в частности глава 4), Кодексом РФ об административных нарушениях, Уголовным кодексом РФ, а также международным законодательством.

