СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЕРСПЕКТИВЫ.

2019

ТЕЗИСЫ

- **Автоматизация. Введение.**

- **Основной рынок рассмотренный в презентации. Системы мониторинга.**
- **Общая информация.**
- **Развитие области систем мониторинга в мире и в РФ.**

- **Типы систем.**
- **Структура систем. Рост сложности систем (рост стоимости конечных решений и значимости специалистов).**

- **Преимущества современных технологий, применяемых в мониторинге.**
- **Описание технологий.**

- **Перспективы развития.**
- **Выводы.**

ВВЕДЕНИЕ.

Раздел 1

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ. ВВЕДЕНИЕ.

Автоматизация - это важный тренд развития экономики, сопутствующий развитию промышленности.

Но это не просто сопровождающий фактор увеличения бюджета проекта, а реальная необходимость в связи с растущими сложностью и объёмами задач.

Для чего нужна автоматизация:

Повышение надёжности сооружений, объектов, оборудования;

Повышение эффективности трудна;

Снижение факторов риска;

Повышение общего общего уровня информатизации.

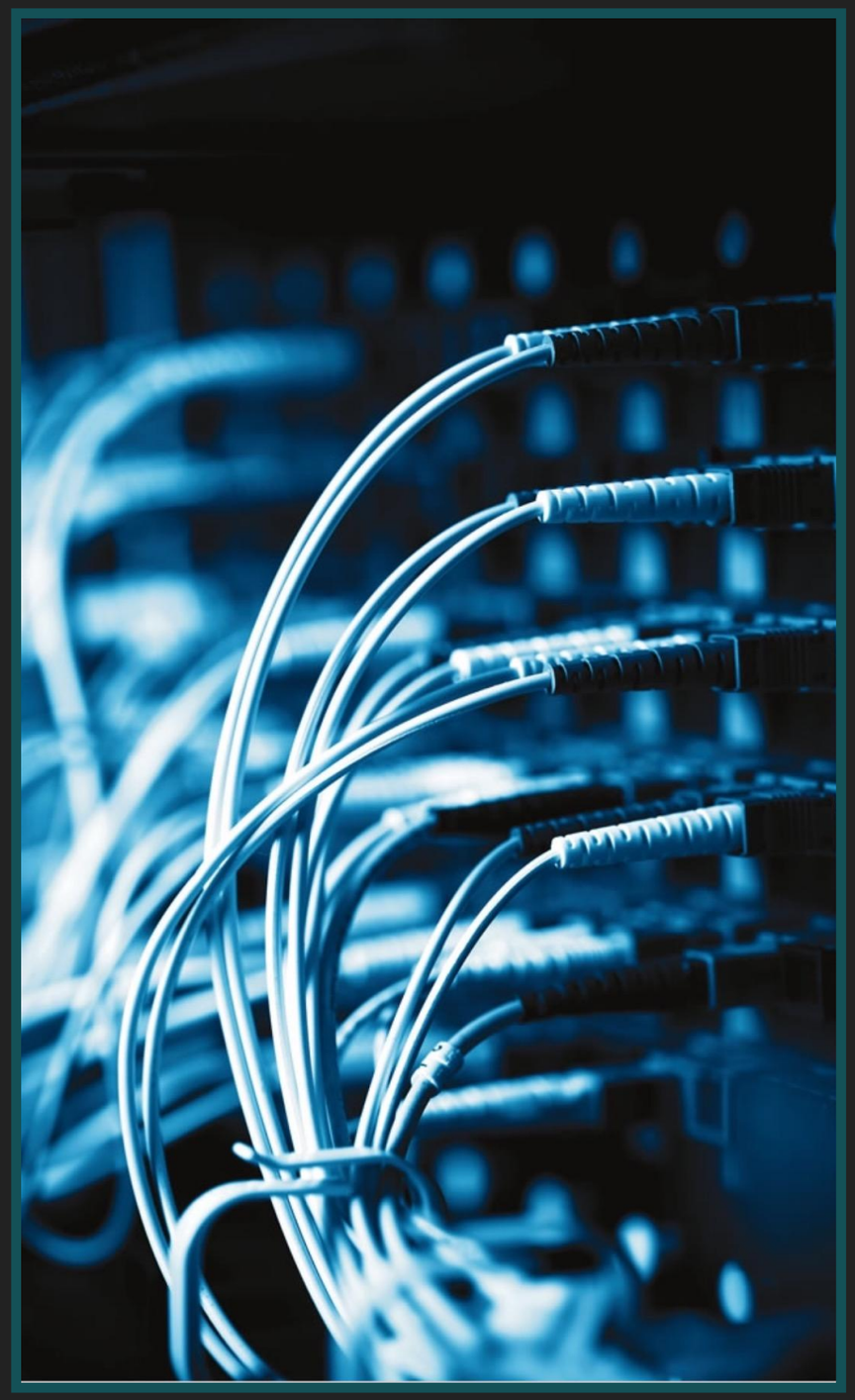
Наш основное направление: автоматизированные системы мониторинга.

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

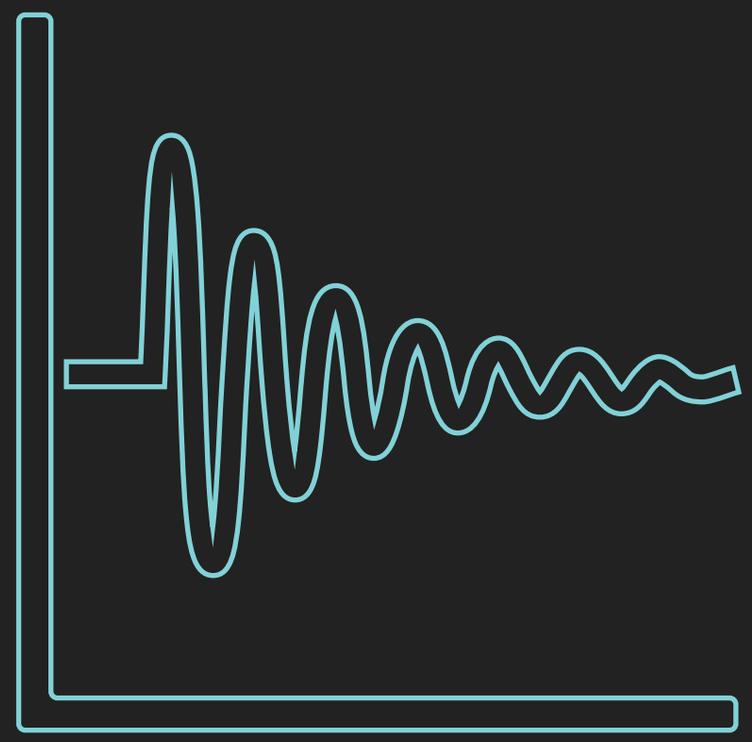
Современные системы мониторинга это автоматизированные комплексы, которые собирают данные в режиме реального времени, они используются для оценки текущего состояния, интегральной оценки и прогнозирования последующих событий на объекте.

Решения реализуются на базе классических (струнных, цифровых и т.д.), волоконно-оптических датчиков (Волоконные Решётки Брэгга - ВБР, системы термометрии Рамана, системы мониторинга деформации на эффекте Мандельштамма-Бриллюэна, Вибро-акустические системы и т.д.) и других систем (метеорологические станции, цифровые тахеометры и т.д.).

Датчики могут находиться на поверхности, быть встроены в структуру объекта на этапах строительства, находиться во влажной среде и иных (даже агрессивных) условиях.



СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА



Датчики преобразуют измеряемые физические параметры в форму сигнала (оптического, частотного или электрического), которая передаётся по информационному каналу на удалённый диспетчерский центр и рабочее место.

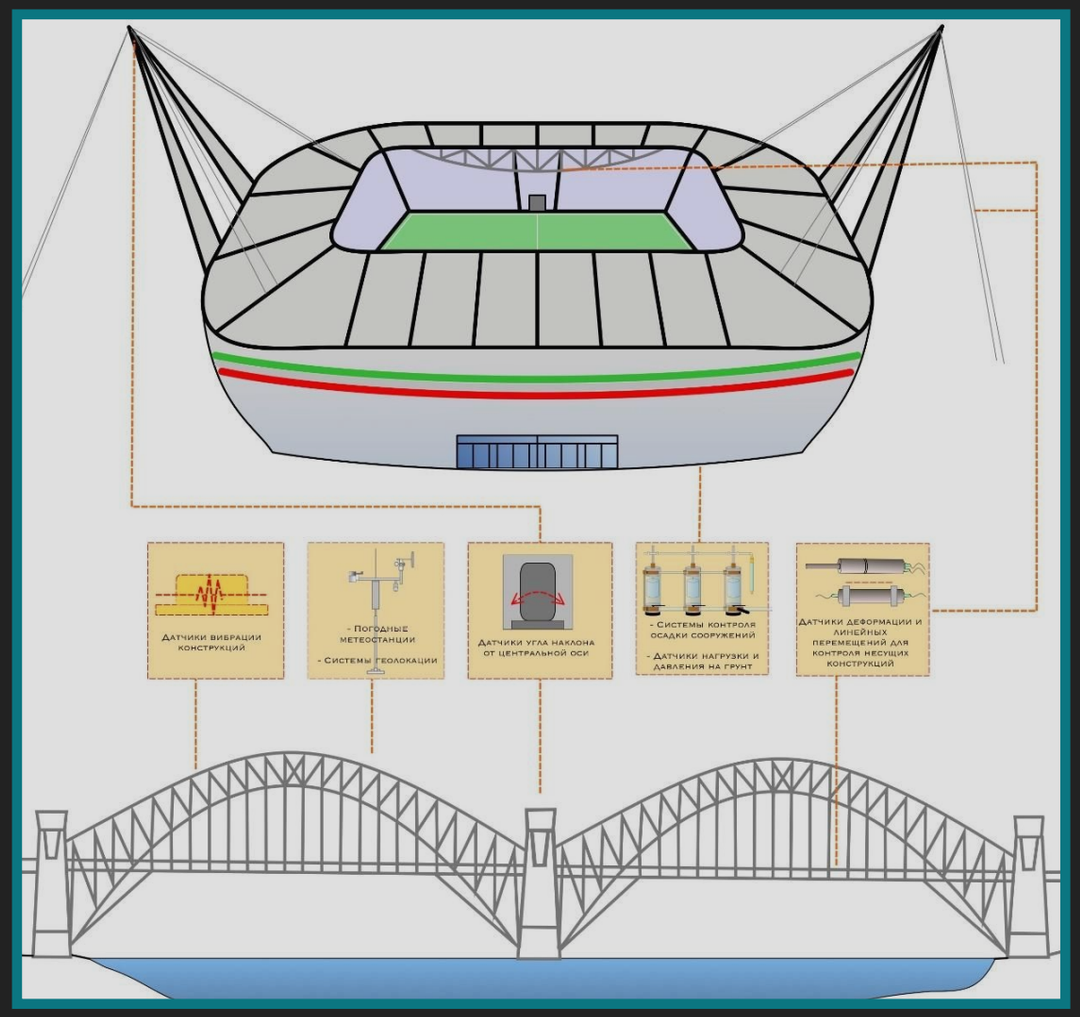
Системы собирают сигналы с множества датчиков, обрабатывают и хранят данные.

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА/ СМИК/ СМИС

Основные встречающиеся определения:

- **Контрольно-измерительные приборы и аппаратура (КИПИА);**
- **Автоматизированная система диагностического контроля (АСДК)**
- **Система мониторинга инженерных конструкций (СМИК);**
- **Система структурированного мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС);**
- **SCADA системы - диспетчерское управление и сбор данных.**

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА/ СМИК/ СМИС



Системы могут представлять из себя простые или многоуровневые программно-технические комплексы автоматизированного диагностического контроля с возможностью гибкой настройки ПО, дальнейшего развития, обладающие доступным интерфейсом, предназначенные для мониторинга параметров при эксплуатации объектов и выполняющие передачу информации о состоянии объектов в дежурно-диспетчерские службы (ДДС), например.

Главная задача систем мониторинга - это обеспечение безопасности объектов и людей на нём находящихся.

ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ

- **Детектирование точного места и характера проблемы;**
- **Исключение человеческого фактора в некоторых процессах (например, при автоматизации больших объектов, исключается постоянное присутствие человека в плохую погоду или в опасных условиях);**
- **Сбор статистики для оценки реального состояния объекта;**
- **Сбор статистики для применения в строительстве и эксплуатации других объектов (в т.ч. для написания нормативной документации);**
- **Снижение затрат на обслуживание.**

МОНИТОРИНГ В МИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

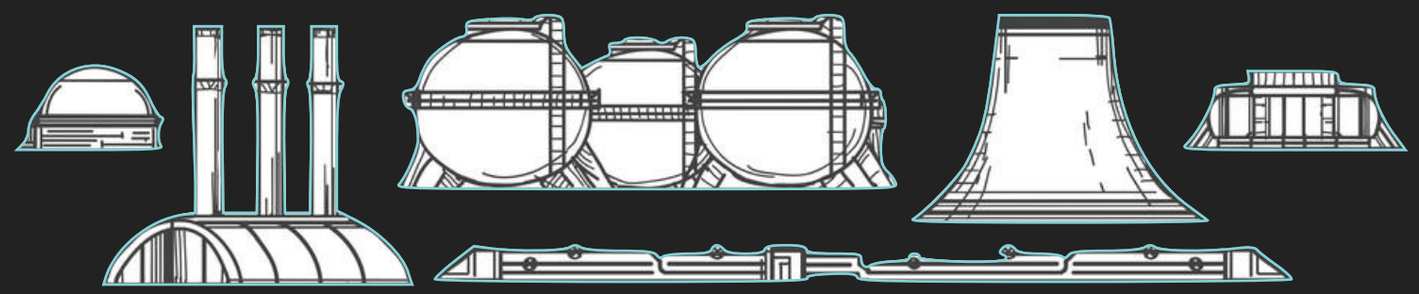
За последние 15-20 лет применение волоконно-оптических систем мониторинга стало определенным отраслевым стандартом в различных областях.

Например, такие отрасли мирового рынка как добыча нефти, обеспечение безопасности эксплуатации силовых кабельных линий, пожарная охрана протяженных сооружений все чаще прибегают к использованию волоконно-оптических систем термомониторинга. Волоконная оптика в данных отраслях не только преобладает над традиционными электрическими решениями благодаря особенностям надежности, простоты интеграции и дешевизны эксплуатации, но и уникальному свойству распределённых измерений и высокой автономности систем.

В целом можно отметить:

- Использование в большом количестве отраслей и расширение доли рынка таких решений (ежегодно более 10 000 систем по миру в разных отраслях, 7-10 лет назад количество реализуемых систем находилось в районе 1000-2000 ед.);
- Начало использования в новых сегментах (мониторинг фильтрационных процессов в гидротехнике, гидрогеология скважин с кислой водой, применение для нужд ЖКХ);
- Многие решения имеют собственные уникальные доработки и комплектации под отраслевые

РЕАЛИЗАЦИЯ В РФ



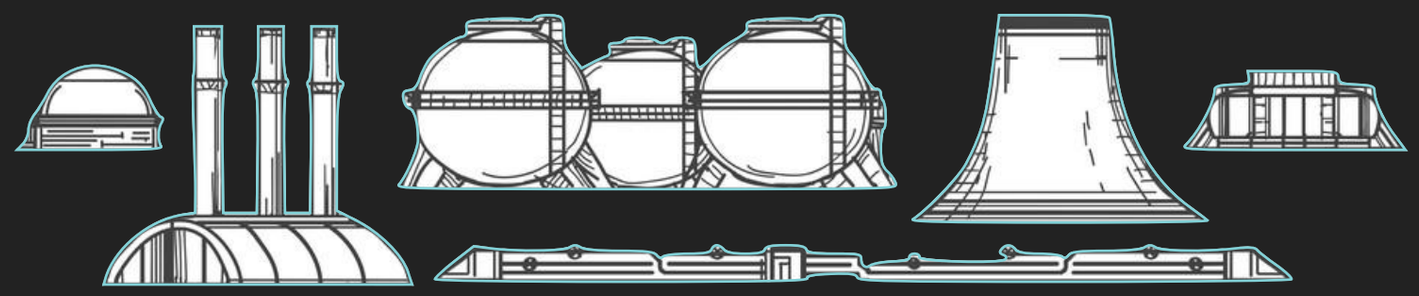
Классические системы доступны очень давно. Но их предел был достигнут достаточно быстро и долгое время развитие систем мониторинга не происходило.

Волоконно-оптические датчики и современные телекоммуникационные системы позволили продолжить развитие этого направления.

За последние 8-10 лет направление волоконно-оптических систем стали применяться широко и в Росссии, например, такие отрасли рынка как добыча нефти, обеспечение безопасности эксплуатации силовых кабельных линий, пожарная охрана протяженных сооружений все чаще прибегают к использованию волоконно-оптических систем.

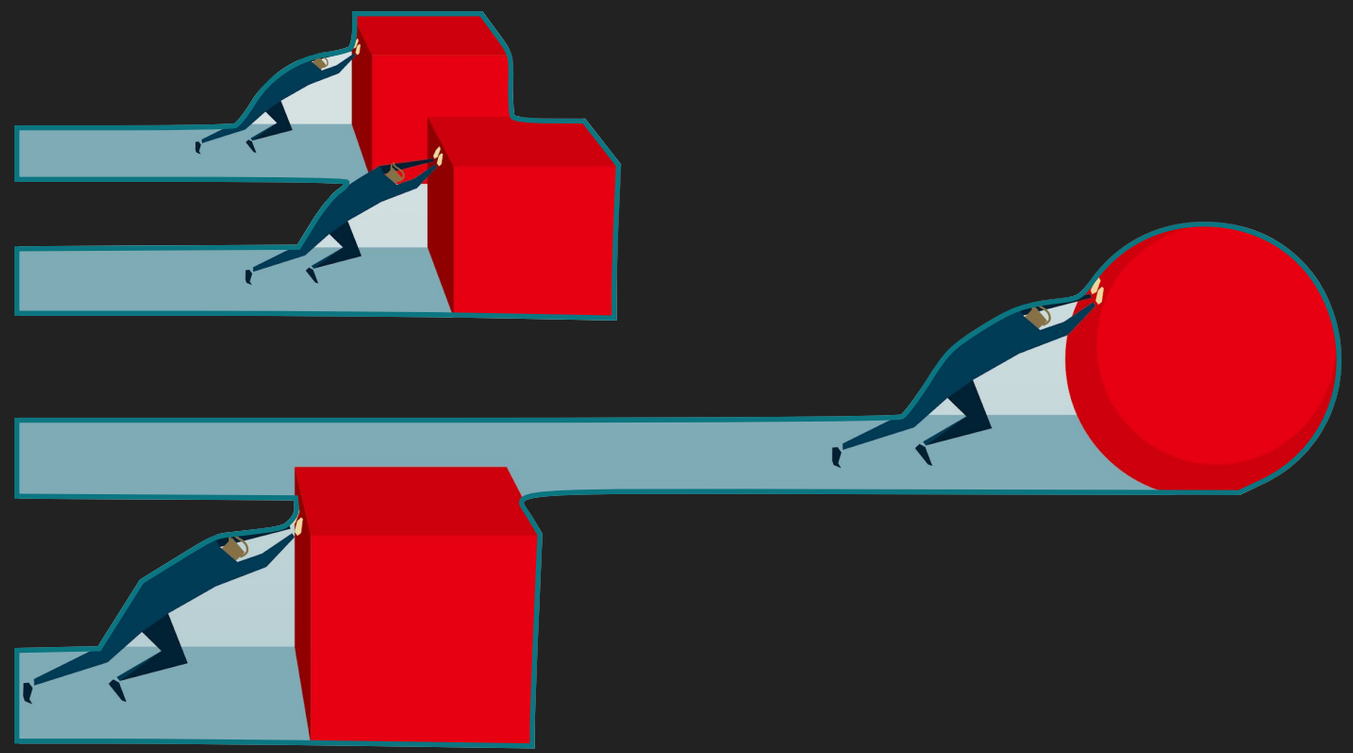
С 2010 года в РФ введены в эксплуатацию сотни систем.

РЕАЛИЗАЦИЯ В РФ



- **Русгидро - ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева (Комплексная автоматизации Гидростанций, ГРЭС, портовых сооружений);**
- **Институт Гипростроймост Москва (СМИК для автомобильных и железнодорожных мостовых переходов);**
- **Газпром (мониторинг магистральных трубопроводов и газлифтовых скважин);**
- **Лукойл (Скважины);**
- **Транснефть (НПЗ и НПС);**
- **ГУП «Московский Метрополитен» (пожарная безопасность);**
- **МОЭСК, РОССЕТИ (автоматизация подстанций, силовых кабельных линий, ЛЭП).**

ТЕНДЕНЦИИ МОНИТОРИНГА



Все основные этапы развития технологий и решений уже пройдены. Оборудование приблизилось к технологическому пределу. Основной вектор развития - это объединение возможностей систем мониторинга с современными телекоммуникационными и программными технологиями:

- **Переход от систем оценки к системам прогнозирования, за счёт развития ПО и нейросетей;**
- **Объединение отдельных систем в глобальные удалённые информационно-диагностические центры (в т.ч. с удалённым контролем/управлением из других городов).**

ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ В РФ

Активно будут развиваться технологии и сервисы, которые будут дополнять системы автоматизации и мониторинга:

- **AIOT, LORA**
- **GSM-R, LTE-R**
- **Дроны и противодействие им**
- **Машинное зрение**
- **Нейросети**
- **Новые стат программы (в тч на основе данных с датчиков) по учёту прихода-расхода ресурсов.**

Основные площадки развития:

- **Метрополитен;**
- **ЖД;**
- **Инфраструктура (мосты, туннели, развязки);**
- **Энергосети.**

ТИПЫ СИСТЕМ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ.

Раздел 2

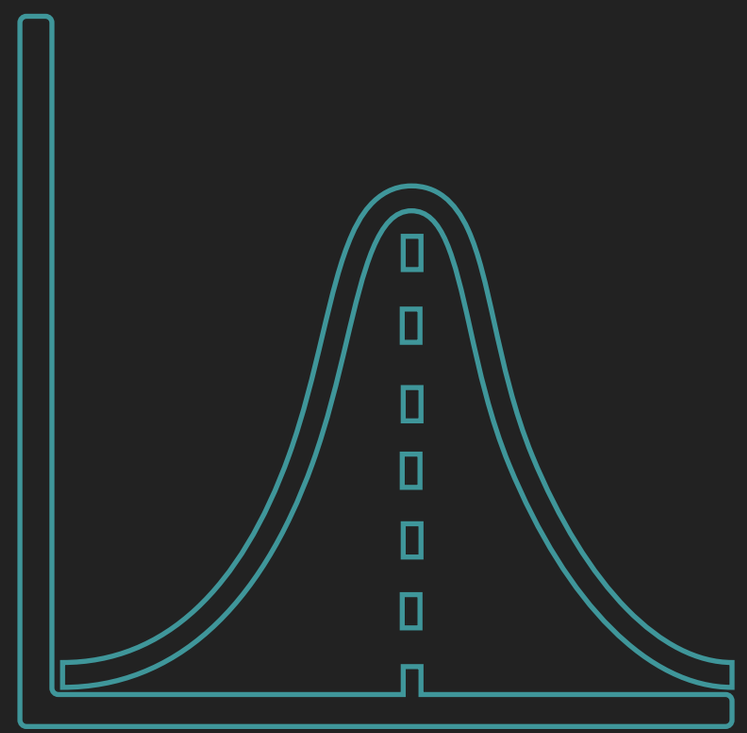
ТИПЫ СИСТЕМ

Среди всех систем, доступных в настоящее время, волоконно-оптические наиболее передовые, помимо своих свойств они позволяют решать более широкий ряд задач:

- **Точечные: системы на основе ВБР (волоконной Брэгговской решётки, FBG - fiber Bragg grating), квази -распределённые, измеряют: деформацию; перемещение; углы наклона; температуру; давление.**

- **Распределённые: Системы температурного контроля на эффекте Рамана - DTS (distributed temperature sensor); Вибро-акустические системы на отражении Рэлея; Системы деформации и температуры на явлении Мандельштама-Бриллюэна).**

ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ (КЛАССИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ)

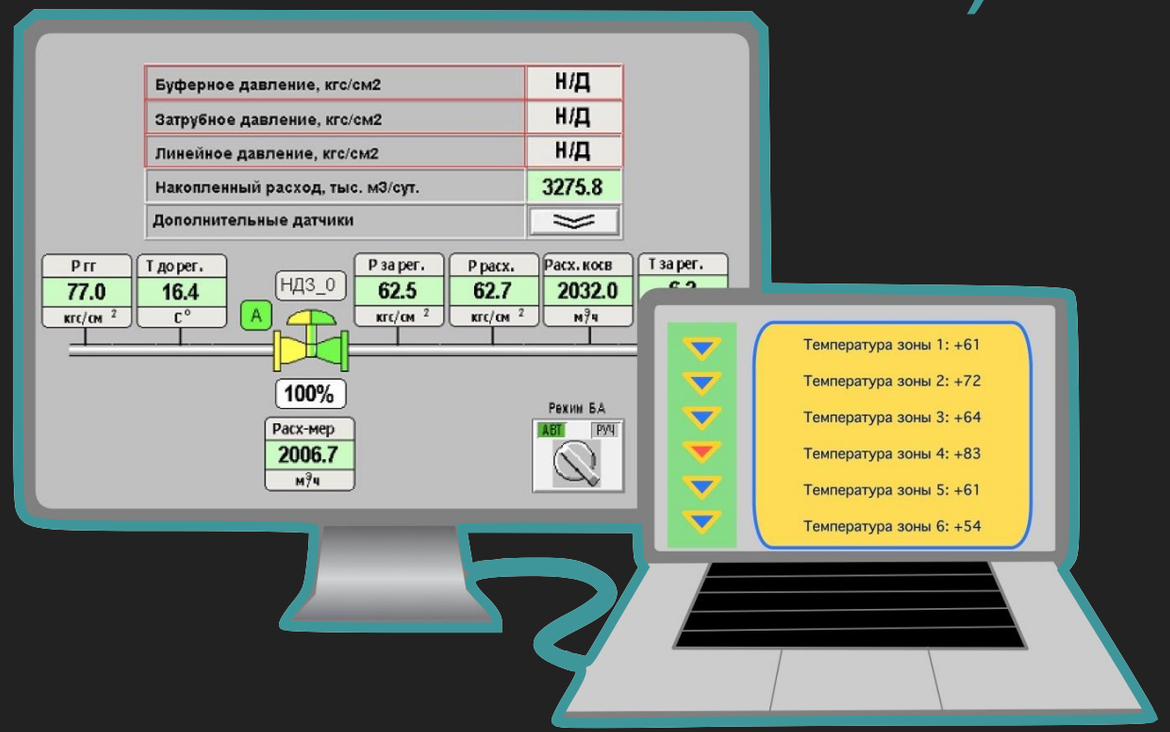


- **Измерение физических параметров для гидротехнического строительства, мониторинг фильтрационных процессов на гидротехнических объектах;**
- **Мониторинг физических параметров шахт и пожарная охрана;**
- **Мониторинг коммунальных сетей в особо сложных и важных точках городской инфраструктуры;**
- **Мониторинг физических параметров трубопроводного транспорта;**
- **Вибро-акустические системы охраны периметров и протяжённых объектов с высоким пространственным разрешением;**
- **Мониторинг физических параметров объектов ЖД инфраструктуры (мосты, туннели, призмы);**
- **Мониторинг физических параметров в авиастроении;**
- **Судовое строительство и морская инфраструктура;**
- **Измерение физических параметров для Гражданского и промышленного строительства.**

ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ (РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ СИСТЕМЫ)

- **Температурный и вибро-акустический мониторинг силовых кабельных линий, системы могут дополняться оборудованием за контролем частичных разрядов и токов, автоматами защиты;**
- **Вибро-акустические системы охраны периметров и протяжённых объектов с высоким пространственным разрешением;**
- **Термомо- и вибро-акустический мониторинг нефтяных скважин;**
- **Мониторинг Нефте-газопроводов;**
- **Пожарное извещение (например, системы пожарного извещения ЕЛАНЬ).**

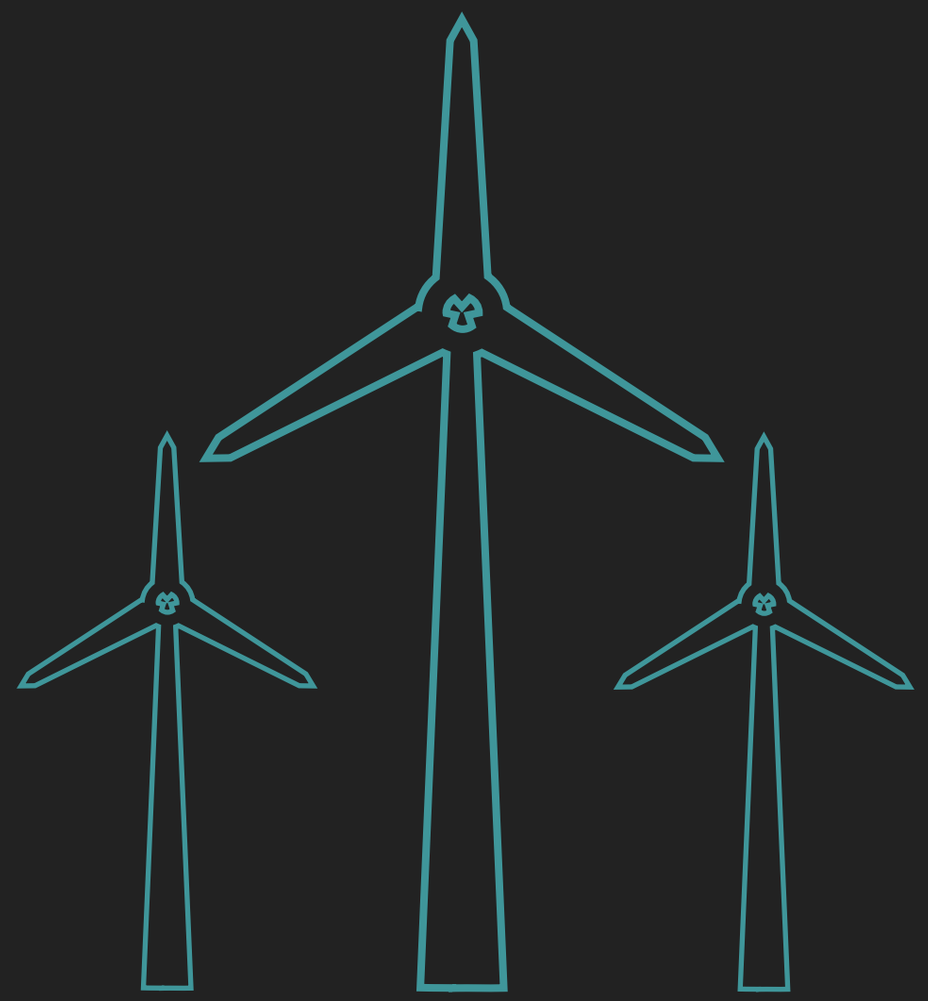
ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ (НОВЫЕ РЕАЛИЗУЕМЫЕ РЕШЕНИЯ)



- **Автоматизация газ-лифтовых скважин;**
- **Мониторинг коммунальных сетей в особо сложных и важных точках городской инфраструктуры;**
- **Мониторинг физических параметров трубопроводного транспорта: НДС, температура стенки трубы, температура продукта, обнаружение подвижек грунта при карстовых провалах;**
- **Мониторинг объектов для ЖД и метрополитена;**
- **Неразрушающий контроль композитных материалов и создание методик их анализа поведения для военных и гражданских предприятий, осуществляющих производство и/или испытания полимерных композиционных материалов и конструкций из них (в первую очередь для авиации).**

РЕШЕНИЯ БУДУЩЕГО

- **Мониторинг силовых машин;**
- **Мониторинг ЛЭП;**
- **Мониторинг грозотросов;**
- **Мониторинг ЖД плетей;**
- **Геомониторинг: обнаружение подвижек грунта на оползнеопасных участках;**
- **Мониторинг ветрогенераторов;**
- **Мониторинг наземных объектов космической инфраструктуры;**
- **Мониторинг автомобильной инфраструктуры;**
- **Контроль фильтрационных процессов фундаментов и грунтов;**
- **Распределённый термомониторинг фундаментов и оснований.**



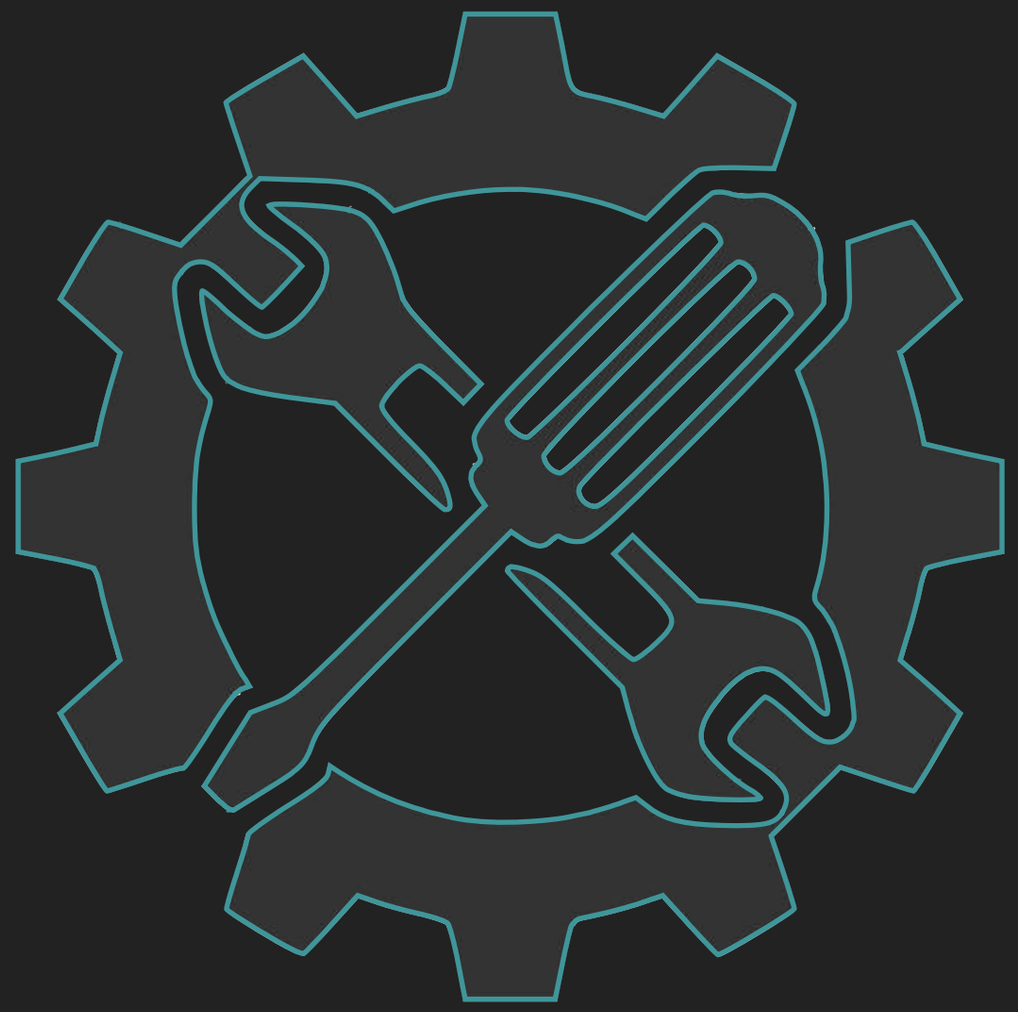
ПУТЬ К РЕАЛИЗАЦИИ.

Раздел 3

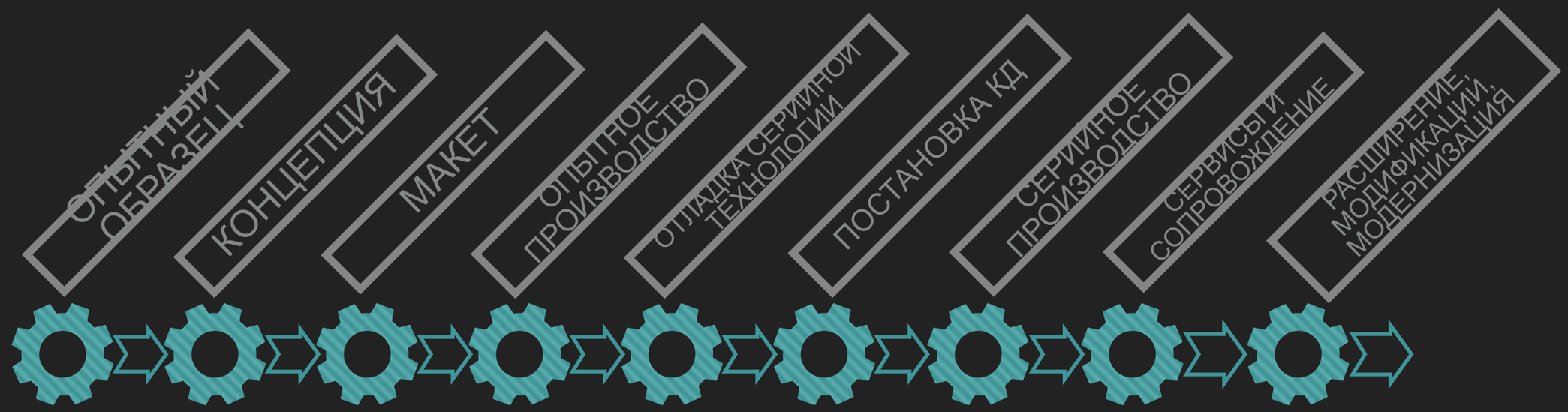
ХАРАКТЕРИСТИКИ

Технический уровень оборудования, производимого в РФ, достаточно разнится. Но среди отечественной продукции есть образцы (в т.ч. серийные, обладающие метрологическими и специальными сертификатами), что соответствуют передовым решениям мировых дилеров (SILIXA, Weatherfor International, Micron Optics, Schlumberger, Halliburton, AP Sensing, Yokogawa).

Залог успеха таких компаний - открытый диалог с заказчиком и правильная организация труда.



ПУТЬ ДО ПРОДУКТА



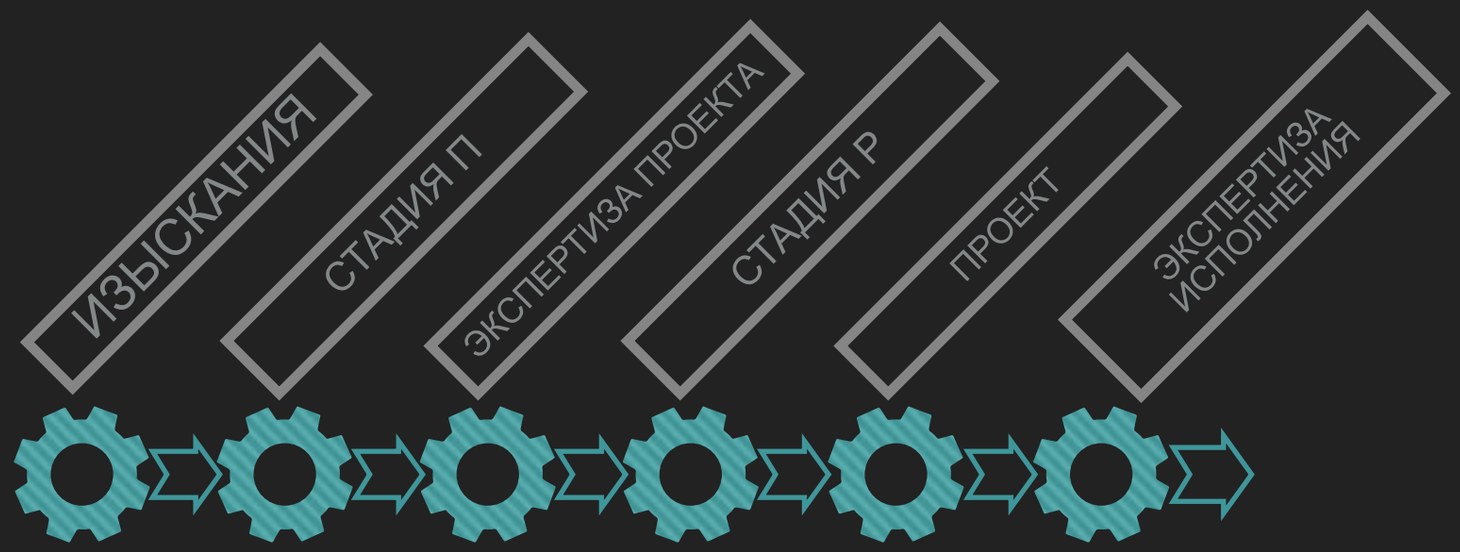
Компетенции отечественных инженеров находятся на высоком уровне. Это проверено реализацией крупных проектов, хотя, среди отечественных компаний первой волны, встречался и негативный опыт.

Основная проблема - не существует моментальных решений, тк это невозможно. До конечного продукта всегда необходимо пройти путь разработки и развития продукта.

Стоимость может варьироваться (± в районе зарубежных аналогов - это реальность, в РФ сложно сделать стартовый продукт очень дешёвым), но необходимо учитывать, что выбор в пользу отечественного решения даст:

- **возможность оперативного доступа к ходу разработки;**
- **быстрой обратной связи в вопросах технической поддержки;**
- **100% сертификации;**
- **высокое качество;**
- **правильную реализацию в ходе открытого диалога заказчик-исполнитель.**

КАК ЗАПРОЕКТИРОВАТЬ СИСТЕМУ



Ни на один объект не предполагается и не рекомендуется подбирать и внедрять системы без проектной документации:

- **Изыскания (определение объёма систем мониторинга);**
- **Стадия П (создание основной проектной документации, определение критериев предельных значений и срабатывания сигналов);**
- **Экспертиза рабочей документации (Ростехнадзор или соответствующие органы в отрасли);**
- **Стадия Р (корректировка и дополнение проектной документации в ходе исполнения работ);**
- **Экспертиза исполнения проекта (экспертиза после сдачи объекта в эксплуатацию, осуществляет Ростехнадзор или соответствующие органы в отрасли).**

Чаще всего за проективную документацию отвечают профильные и отраслевые

ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Обязательные этапы для качественной реализации:

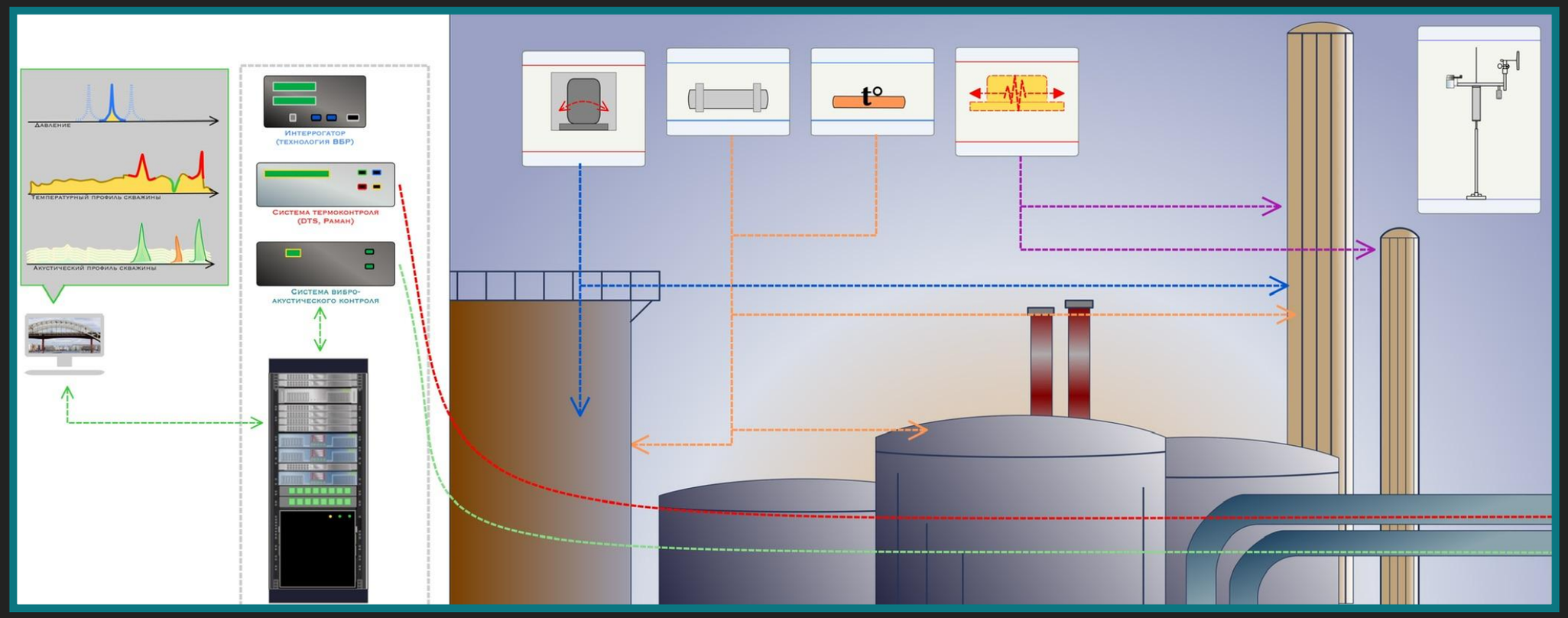
- **Шеф-Монтаж / Монтаж;**
- **Коммутация (обьединение системы и подсистем, наладка протоколов);**
- **Пуско-наладка (подготовка к эксплуатации);**
- **Опытная эксплуатация;**
- **Промышленная эксплуатация.**

Срок реализации зависит от размеров и сложности системы, особенностей объекта, сезонных и климатических условий.

СТРУКТУРА СИСТЕМ.

Раздел 4

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Система состоит из нескольких датчиков по одной технологии:

- **Датчики одной технологии/ датчики по разным технологиям/ кабель/ подсистемы.**

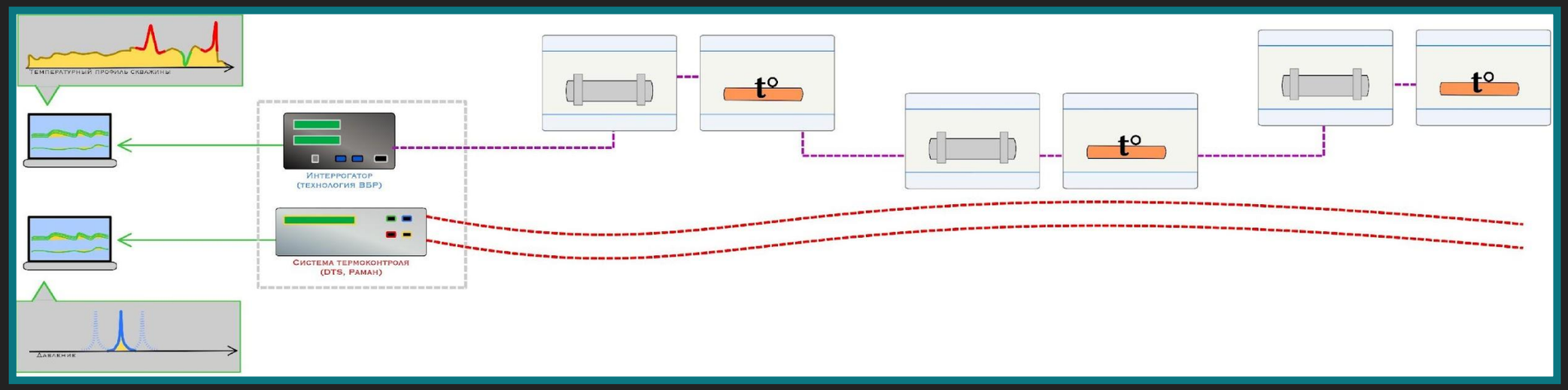
- **Линия передачи сигнала:**

200 метров электрический/MEMS (сигнальный кабель, один датчик в линии);
500 метров для струны (витая пара, один датчик в линии);
1 км Цифр (витая пара, квази-распределённые);
10-15 км для ВБР (оптическое волокно, квази-распределённые);
20-30 км Раман, термомониторинг (оптическое волокно, распр);
40 км – Рэлей, вибро-акустика (оптическое волокно, распр);
60 км – Мандельштам-Бриллюэн (оптическое волокно, распр).

- **Приёмное устройство/ устройства/ полностью автоматизированные подсистемы.**

- **Компьютер/ сервер с ПО.**

ПРОСТЫЕ СИСТЕМЫ



На рисунке приведён пример системы построенной на одной технологии - простая система нижнего уровня.

Обычно такие системы включают в себя:

- **датчики,**
- **кабель,**
- **устройство опроса,**
- **персональный компьютер (АРМ).**

Системы выдают сигнал на компьютер и являются законченными или в системы верхнего уровня по выбранному протоколу.

СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Системы верхнего уровня.

К основным элементам добавляется специальное оборудование.

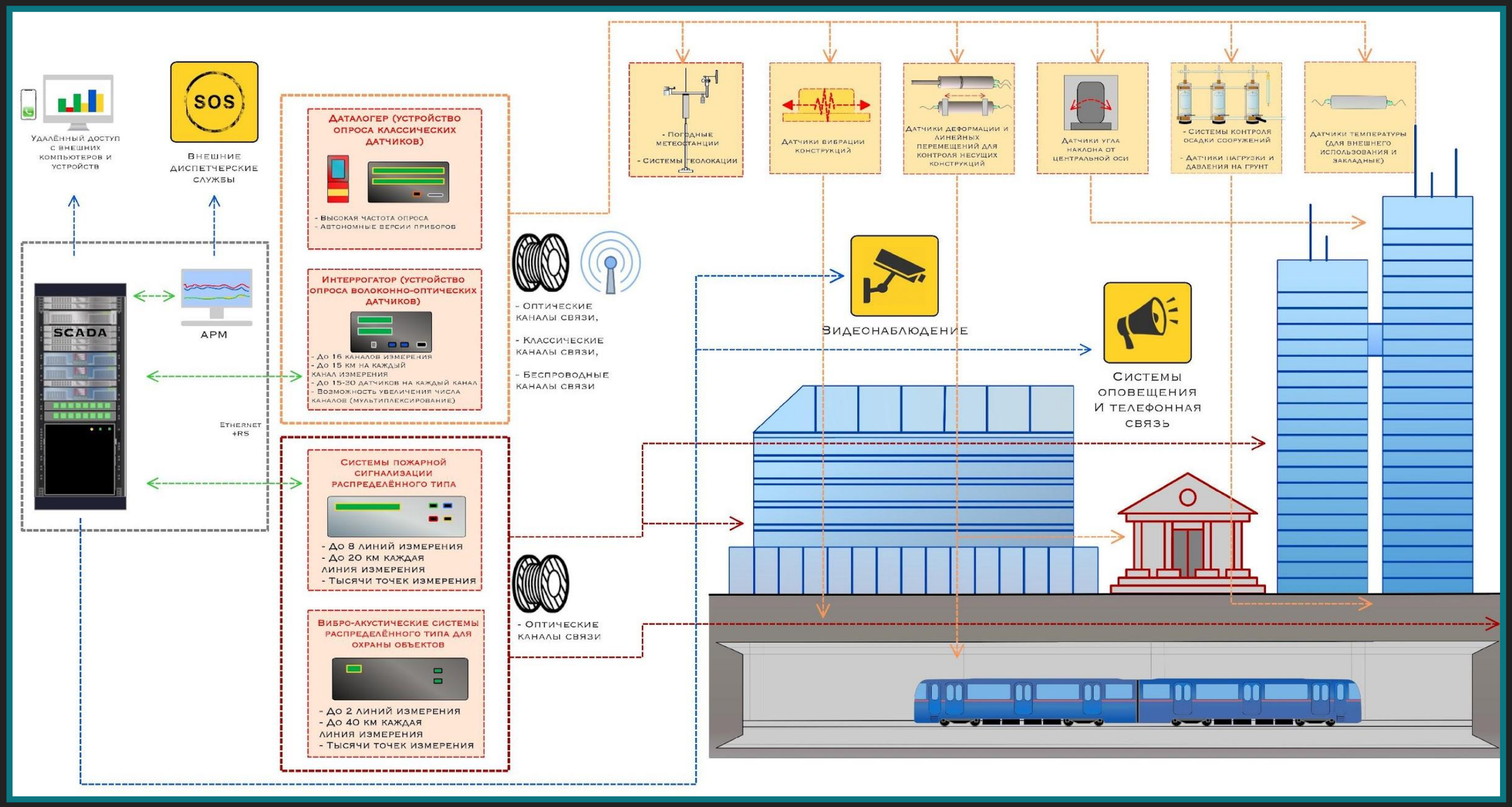
Системы включают несколько подсистем (в т.ч. с различным технологическим исполнением и метеорологические станции, например).

Они заводятся в коммутационное оборудование (сложно-схематичные шкафы, где располагается приёмное устройство).

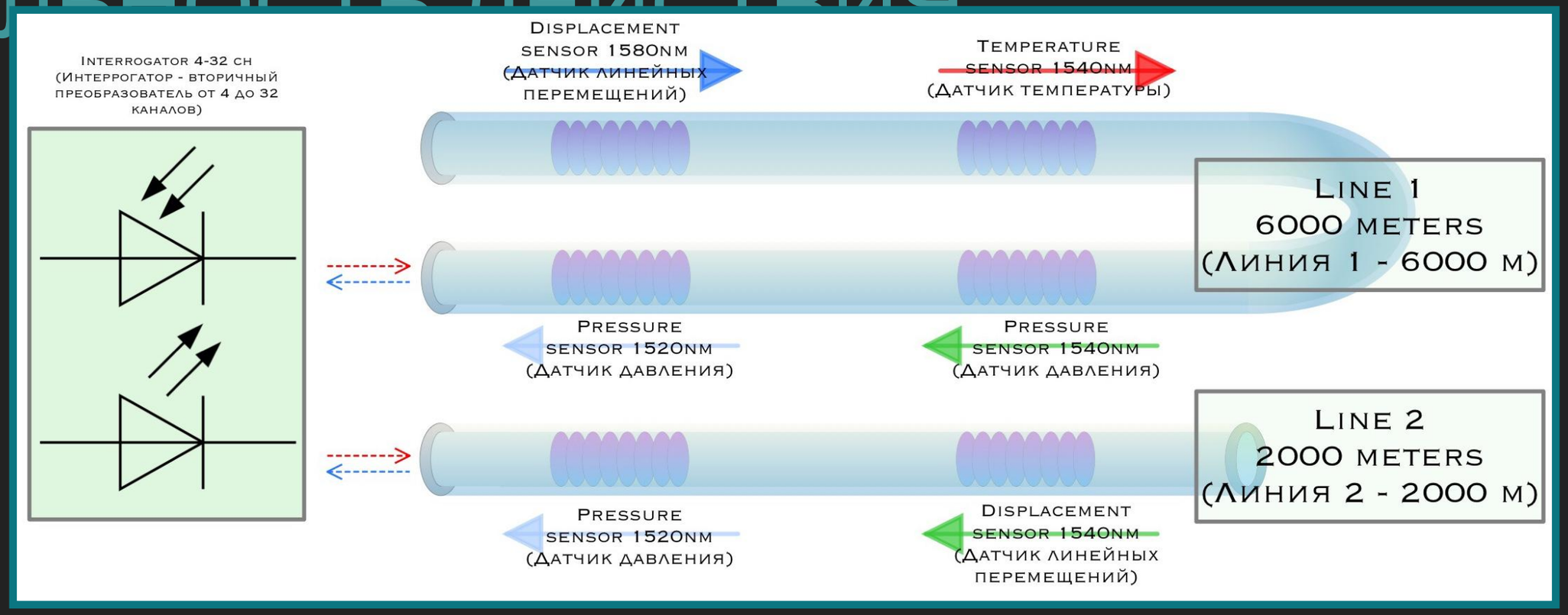
Далее сигнал преобразуется в оптический и транслируется по магистральной оптической линии на удалённый шкаф коммутации с серверным оборудованием.

А с серверов сигнал уходит, где расположены пульты управления/ контроля за состоянием объекта. И обратно на серверные хранилища.

СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ



МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ И ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ



Основные особенности волоконно-оптических датчиков!

У классических датчиков расстояние передачи сигнала и интерференция - основные ограничения.

У волоконно-оптических датчиков есть возможность мультиплексирования – реализация систем, когда в один оптический канал сводится множество сигналов.

Сигналы могут приходить с одного канала, так и с нескольких (попеременно переключаемых).

Т.е. одна оптическая линия на проход делает дестяки-сотни измерений (до 20-40 измерений ВБР в канал и до 20-30 тысяч в распределённых системах).

Расстояния передачи сигналов разнятся от километров до десятков километров, в зависимости от технологии.

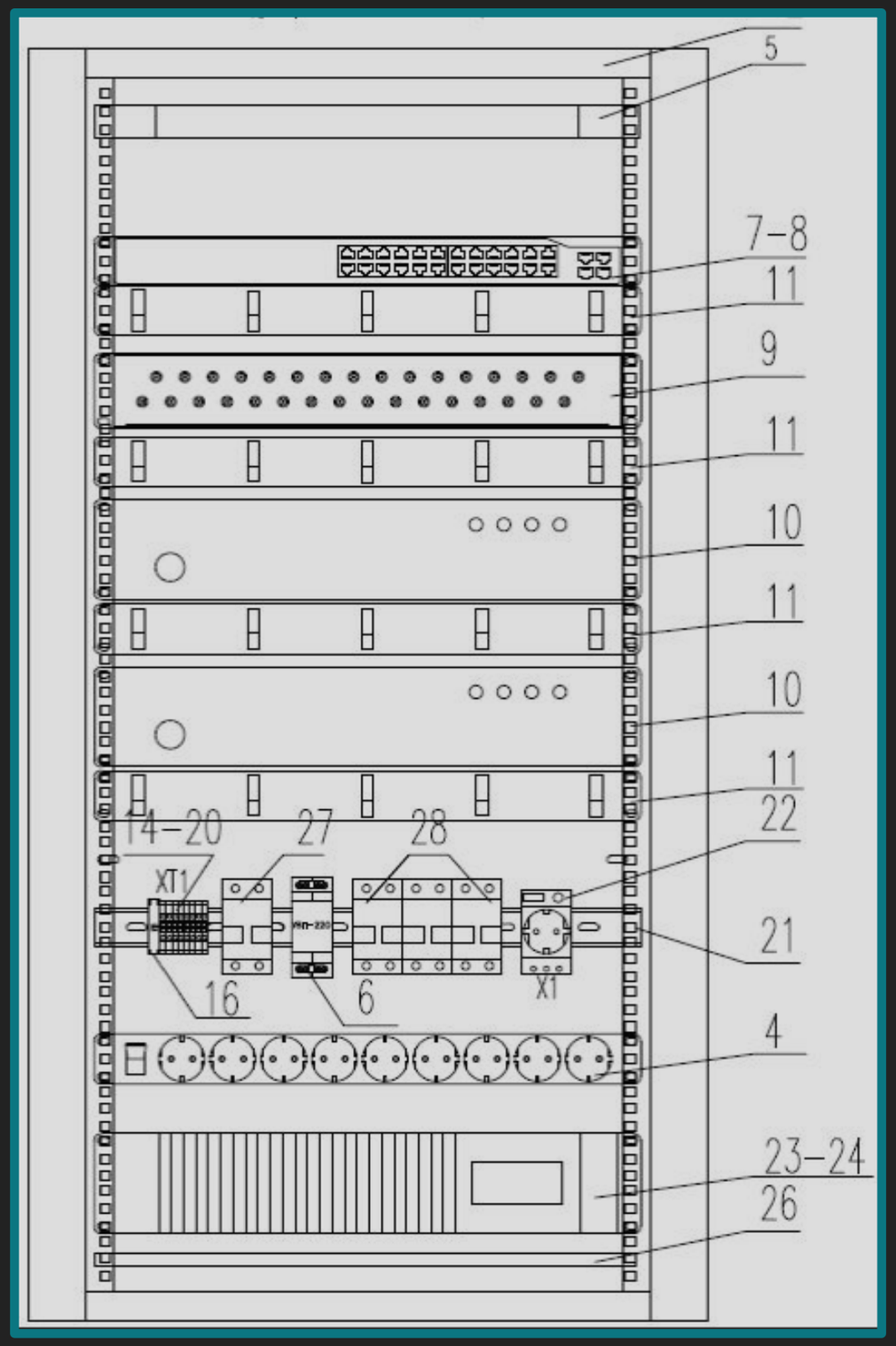
КОММУТАЦИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Системы верхнего уровня невозможны без решений по коммутации.

Отечественные разработчики - полная замена решений MOXA, ABB, SIEMENS. Например, PLC.

Возможна автоматизация любого уровня на уровне мировых производителей, отечественный рынок не только имеет потенциал он уже имеет внутреннюю конкуренцию в области таких систем.

Такие телекоммуникационные шкафы включают множество собственных подсистем (терморегулирование, контроль напряжения в сети, автоматические реле, контроль доступа в шкаф).



ТЕХНОЛОГИИ.

Раздел 5

ПРЕИМУЩЕСТВА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Общее для всех типов ВОД:

Возможность объединять в одной кабельной линии различные сенсоры и канал для передачи данных и связи;

Оперативный мониторинг 24/7;

Электро- и пожаро-безопасность;

Нет теплового или магнитного излучения;

По всей длине измерительные каналы включают только пассивные элементы (сами датчики, кабель, муфты, разветвители и т.п.) которые не требуют питания электричеством;

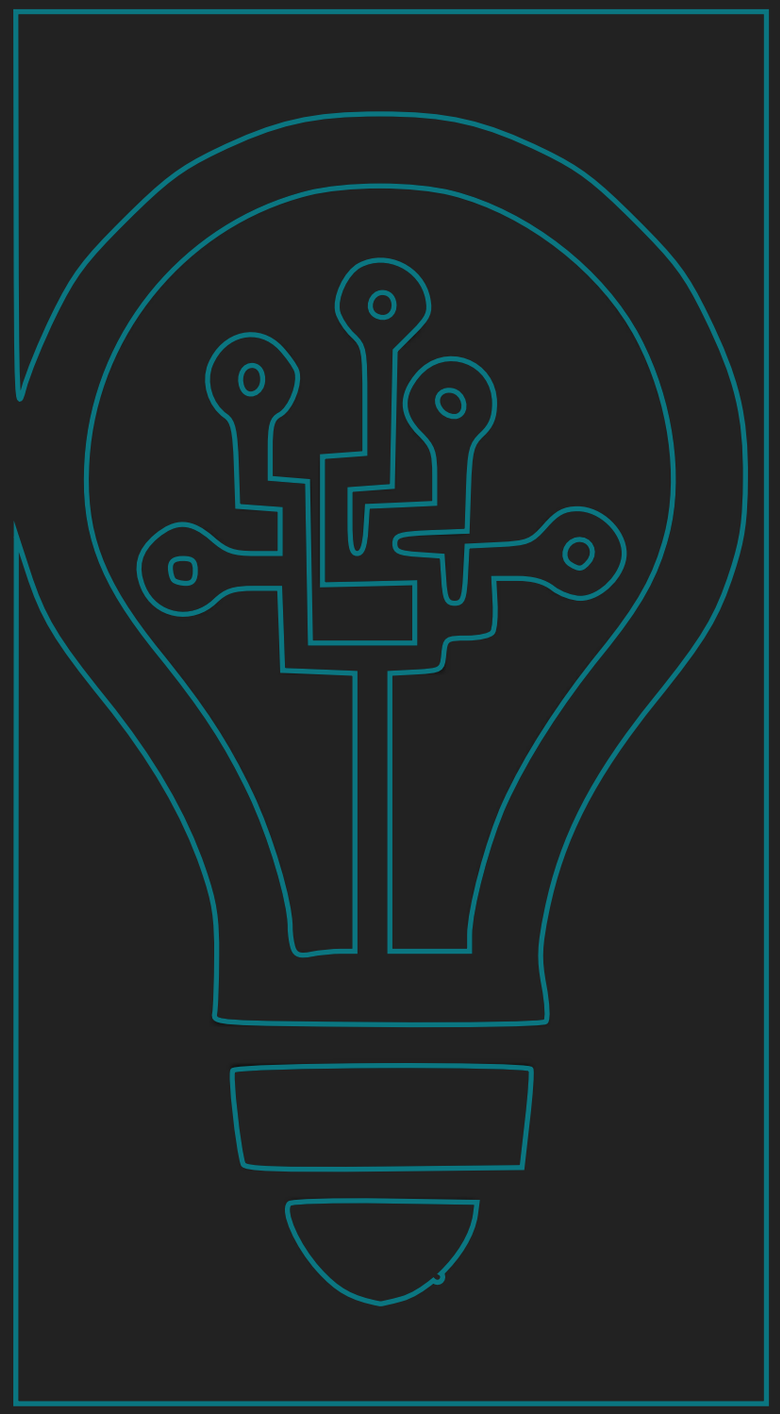
Относительно малые габариты и малый вес;

Высокая надёжность и стабильность;

Большие межповерочные интервалы по сравнению с классическими датчиками;

Применимы в неблагоприятных условиях (бетон, болото, нефтяная скважина и тд);

Простые возможности по масштабированию (росту точек и зон контроля).



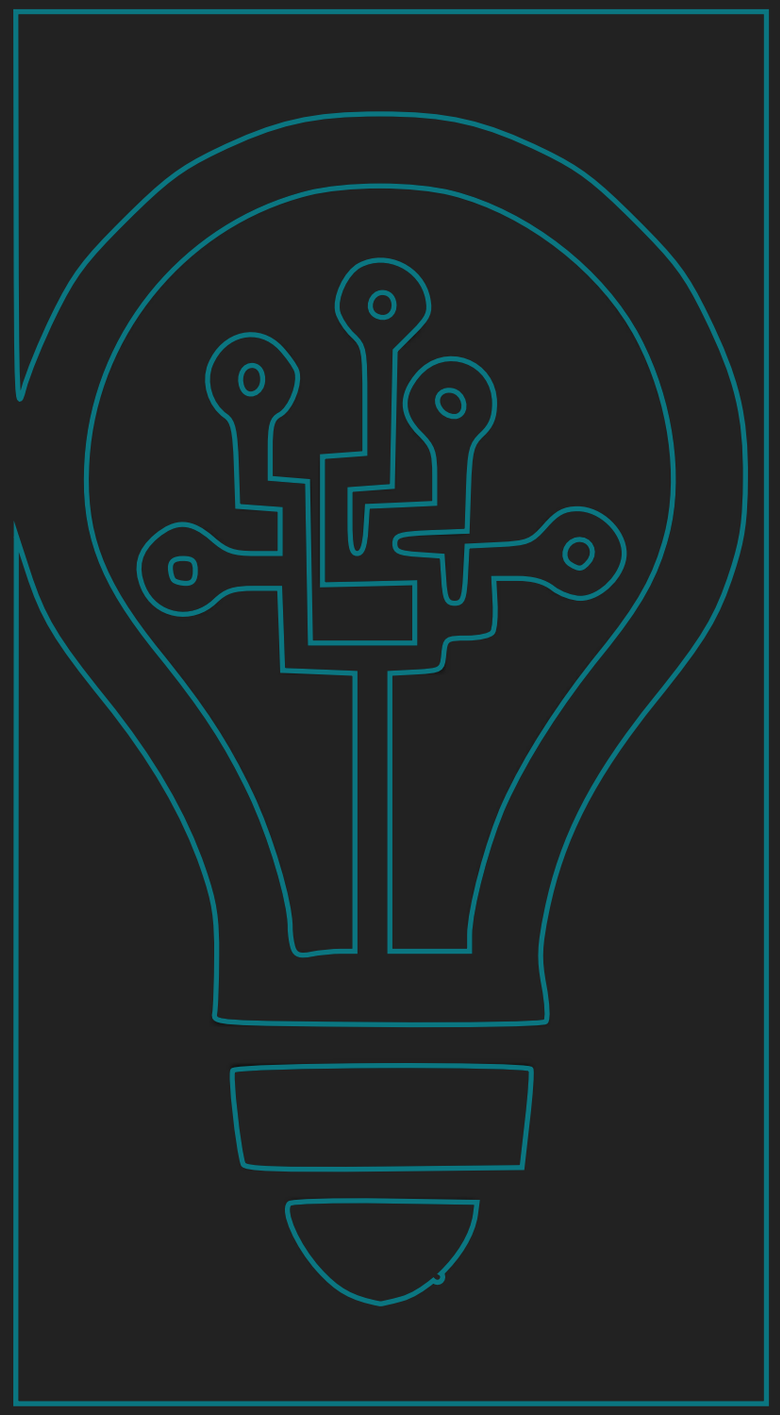
ПРЕИМУЩЕСТВА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для точечных систем:

До 20-40 датчиков на один измерительный канал в одном кабеле;

Одна система может обеспечить зону контроля до 16 каналов протяжённостью 10-15 км каждый, без применения токоведущих элементов;

Различные типы датчиков объединяются на один канал и не влияют на показания друг друга.



ПРЕИМУЩЕСТВА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для распределённых систем:

Чувствительный элемент сам кабель и точки измерения расположены по всей его длине (с дискретизацией от 15 см до 5 м);

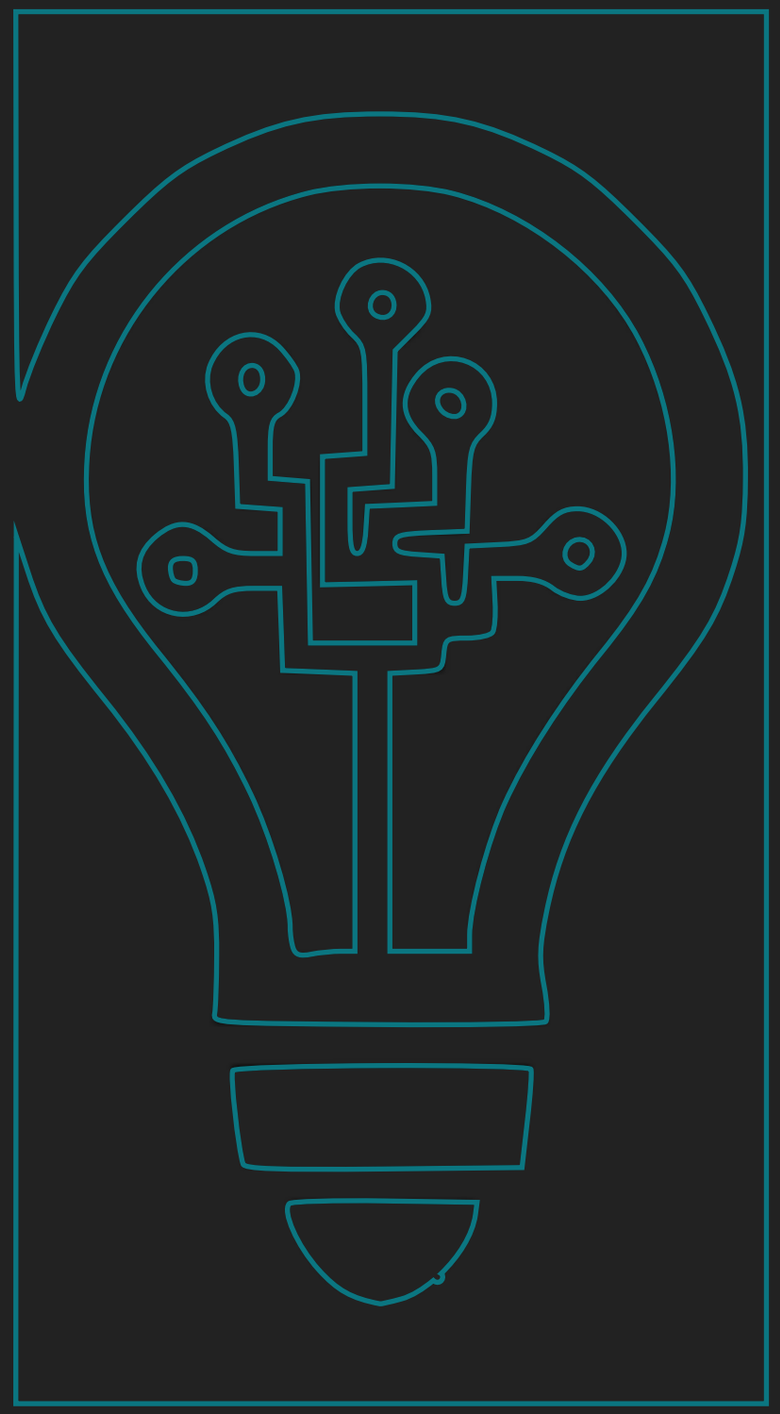
С высокой точностью локализуют места повреждения или обрыва кабеля;

одна система может обеспечить большую зону контроля без применения токоведущих элементов:

Для термомониторинга: до 8 каналов протяжённостью 30 км каждый,

Для вибро-акустики: до 2 каналов и до 50 км каждый;

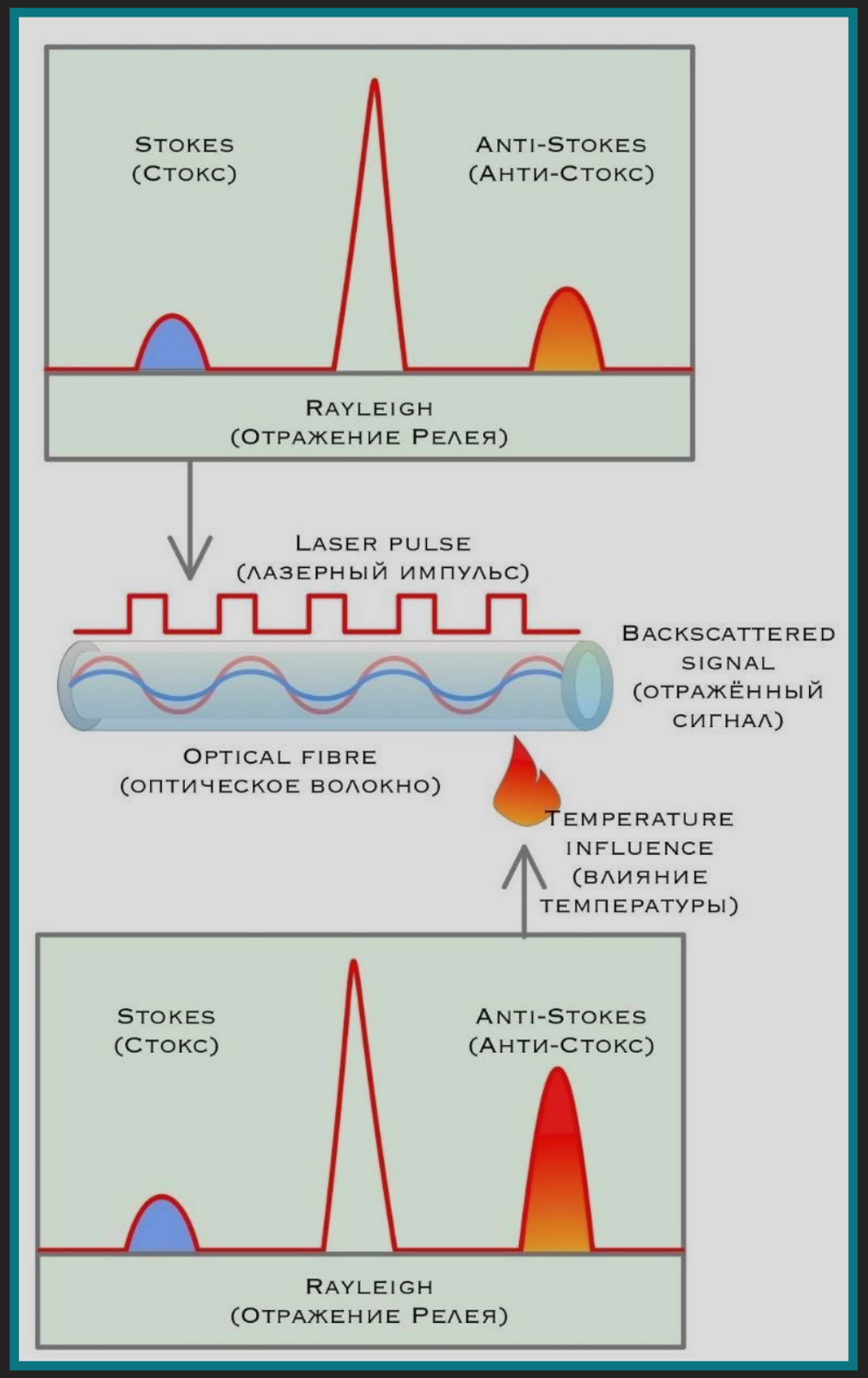
Область применения подходит для применения на таких объектах, как шахты и другие рудники с разными классами выброса газов и частиц и объектов нефть-газовой промышленности.



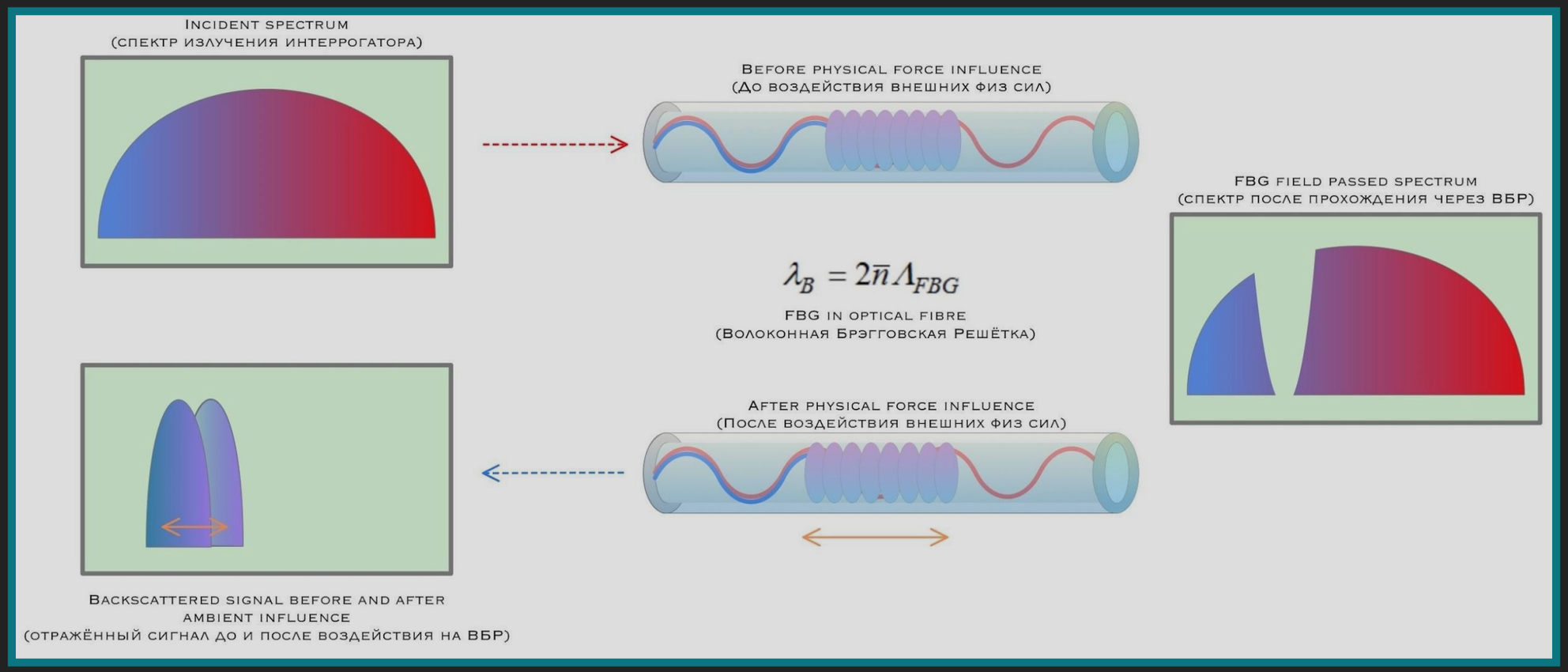
ТЕХНОЛОГИИ. РАМАН

Раман (DTS) для распределённого измерения (контроля) температуры. Эффект Рамана образуется при термическом влиянии на волокно, в результате чего повышается интенсивность колебания частиц и мы можем соотнести изменения в оптическом сигнале с линейной зависимостью изменения температуры.

Температура в системе измерений пропорциональна соотношению мощностей Стоксовской и Анти-стоксовской компонент Рамановского излучения, которые регистрируются в виде математической зависимости по длине кабеля.



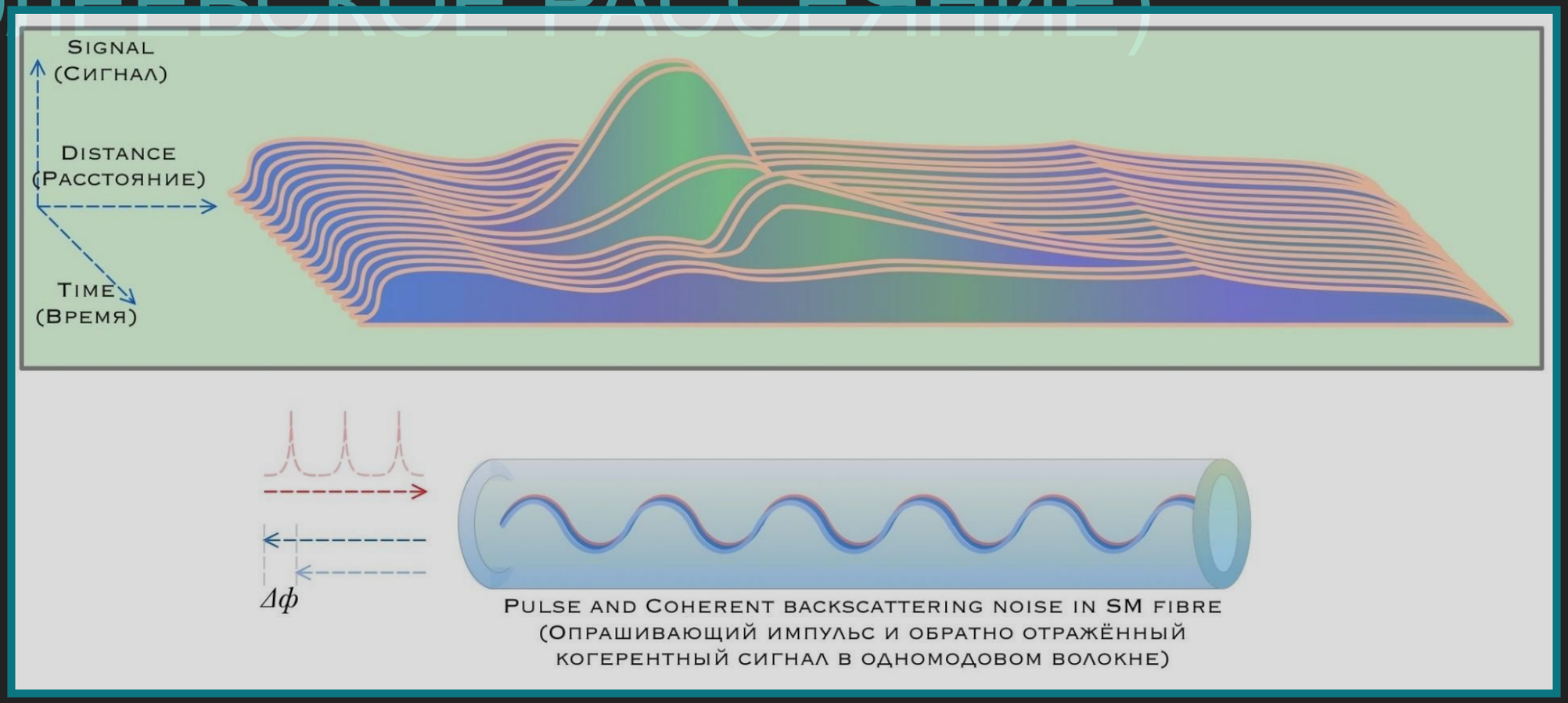
ТЕХНОЛОГИИ. ВБР



В сердцевине оптического волокна записывается периодическая структура показателя преломления. Общепринятое название ВБР - это основной чувствительный элемент датчика. Применяя их, измеряют различные физические параметры, создают новые решения, с использованием различных конструкций и материалов, так как ВБР достаточно технологичные - прочные и очень компактные элементы.

Основной эффект основан на принципе изменения оптических свойств (показателя преломления) одномодового волокна, способом фотоиндуцирования, что позволяет с высокими разрешением и точностью получать данные о воздействующих внешних силах на датчики. ВБР записываются лазером в самой сердцевине волокна и получают сильно отражённый сигнал с узким значением длины волны. Чувствительная зона датчика образуется не нарушая целостности волокна, в ней просто изменены условия распространения света. Датчики могут объединяться в линию простой сваркой волокна. Размеры решеток Брегга не превышают сантиметра.

ТЕХНОЛОГИИ. ВИБРО-АКУСТИКА (РЭЛЕЕВСКОЕ РАССЕЯНИЕ)



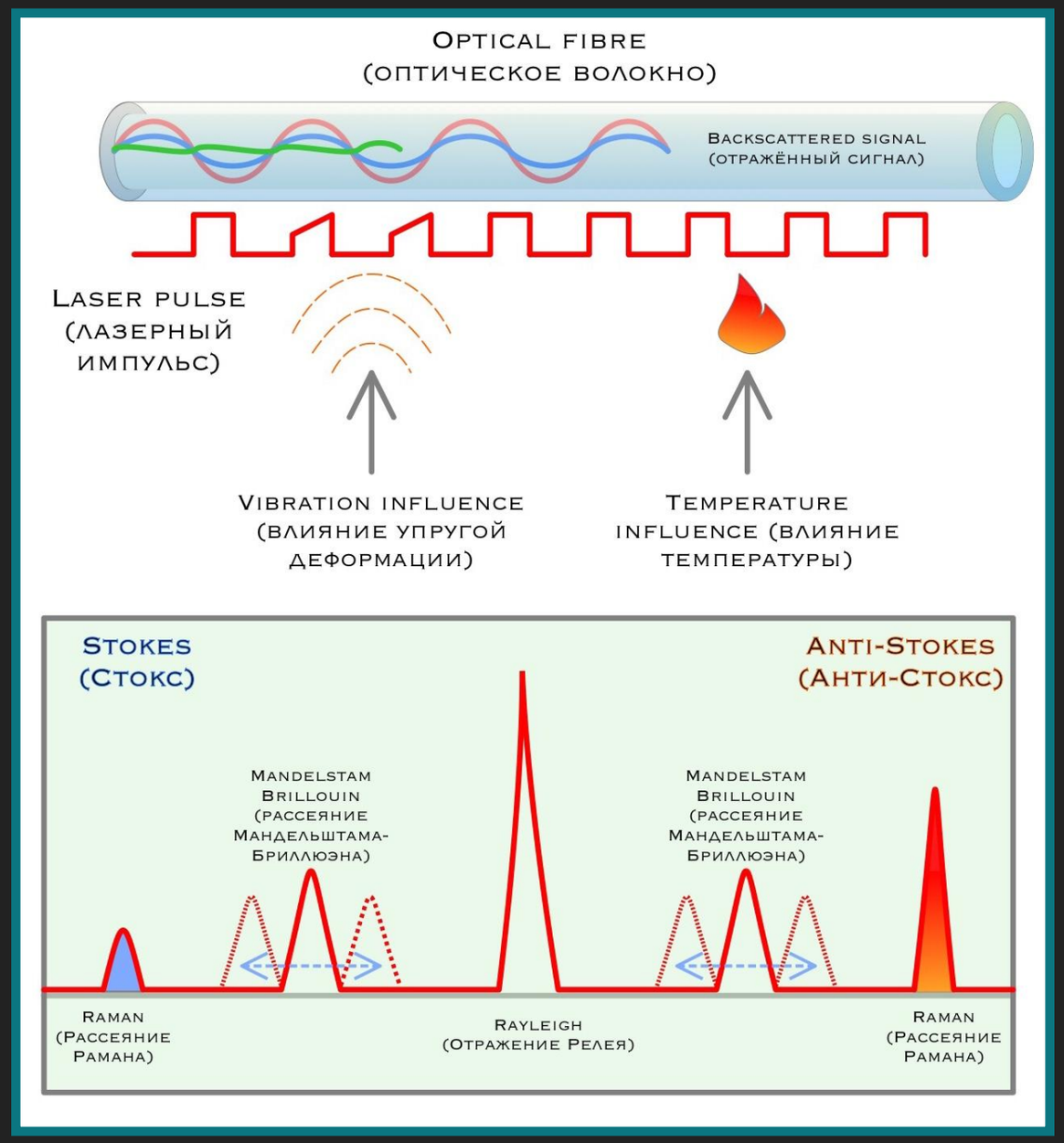
Распределённые вибро-акустические системы используют оптическую схему с импульсным и узкополосным лазером (обеспечивает когерентность), для обеспечения когерентности сигнала на больших расстояниях.

Импульс (свет), направленный по оптическому волокну, рассеивается на неоднородностях (Рэлеевское рассеяние). Оптическое волокно анизотропно и всегда представляет собой набор уникальных неоднородностей. Отражённый сигнал на этих рассеяниях регистрируется на фотоприёмном модуле. Именно изменения в отражённом сигнале говорят о характере воздействий на оптическое волокно и позволяют интерпретировать его поведение.

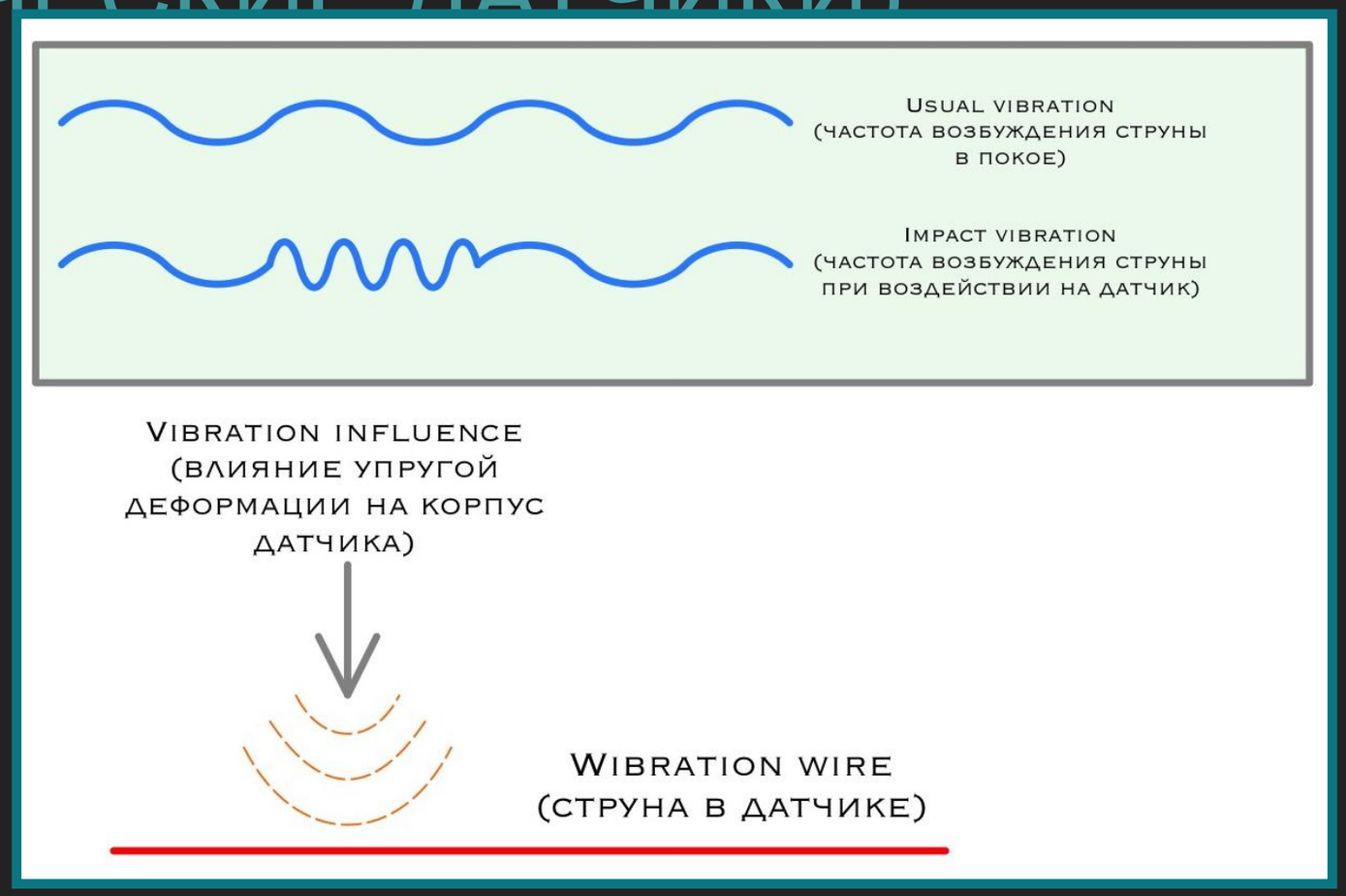
ТЕХНОЛОГИИ. МАНДЕЛЬШТАМ-БРИЛЛЮЭН

Рассеяние Мандельштамма-Бриллюэна характеризуется сдвигом частоты рассеянного сигнала относительно начального (зондирующего) сигнала. Данный сдвиг частоты зависит от скорости звуковой волны в оптическом волокне, которая в свою очередь зависит от температуры и механического напряжения волокна. Таким образом, можно контролировать состояние любого участка оптического волокна (расстояние до конкретного участка волокна рассчитывается по принципу радара, когда отраженный от того или иного участка сигнал возвращается на фотоприёмный модуль с временной задержкой относительно зондирующего сигнала, пропорциональной расстоянию до этого участка).

Методика получения информации основана на последовательной регистрации Бриллюэновских взаимодействий на различных характерных частотах. Сначала составляется полная частотная характеристика оптического волокна как функция расстояния, а затем производится расчёт локального сдвига частоты с учётом максимального Бриллюэновского взаимодействия в каждой точке оптического волокна.



ТЕХНОЛОГИИ. СТРУННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ (КЛАССИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ)



Опрос датчика происходит оправкой электрического сигнала на струну, который возбуждает её колебания, сигнал возвращается и его форма зависит от внешних воздействий.

При обычном опрашивание датчика на приёмное устройство приходит стандартный сигнал, который означает состояние покоя. При воздействии внешних физических сил частота колебаний изменяется. Зависимость линейна, чем сильнее воздействие, тем выше частота.

Датчики не опрашиваются постоянно, иначе, после 5000-15000 циклов, струна теряет упругие свойства (чаще всего это медь) и теряется линейность.

ПЕРСПЕКТИВЫ. ВЫВОДЫ.

Раздел 6

РАЗВИТИЕ

Использование волоконной оптики только один из первых этапов перехода к новым технологиям.

Оптика даёт заметные преимущества, но важна возможность интеграции в крупные универсальные комплексы.

Для этого необходимы решения и специалисты, особенно собственные специалисты, тк с конца 2018 года импортозамещение не просто определение из учебника по экономике, а реально действующая и дающая преимущества национальная директива.

Крупные компании-подрядчики и гос заказчики ищут отечественных разработчиков и производителей.

РАЗВИТИЕ

Системы безопасности (информационной, пожарной и охранной);

Системы умного помещения (свет, энергосбережение, климат);

Системы удалённого управления сотрудниками и процессами;

Сбор данных и аналитическая статистика с предсказаниями перспектив;

Автоматизация технологических процессов и алгоритмов работы;

Введение Lora оборудования;

Организация сетей LTE-R и подобных;

Организация глобальных коммутационных и вычислительных центров;

Машинное зрение;

Глобальное ПО.

КАК БОРОТЬСЯ НА РЫНКЕ

- **Важен диалог с Заказчиком (прорабатывать реальные ТЗ и ТТ; запрашивать достаточное авансирование; обоюдно делиться опытом; не скрывать проблемы, а требовать помощи заказчика; не бросать проекты на пол пути);**
- **Уметь отстаивать точку зрения (добиваться встреч; защита на тех советах; опытные испытания);**
- **Непобедимых иностранных конкурентов и нереальных технологий не существует;**
- **Важно уметь кооперироваться с другими людьми и командами (доверие, но и юридическая грамотность);**
- **Популяризация своих возможностей (статьи; выступления; конференции).**

ИТОГ

- Высокий технический и производственный уровень в РФ, но низкие возможности коммуницирования с крупными заказчиками.
- Высококвалифицированные интеграторы с опытом, рост доверия к отечественным специалистам.
- С 2018 реальное действие политики импортозамещения.
- Реализованы сложные и уникальные проекты в РФ, более сложные решения и их реализация в перспективе.
- Рост потребности применения систем мониторинга, рост нормативной базы, аналогичное произойдёт для новых направлений автоматизации.
- Появление новых сфер применения, новых технических решений, но существенное отставание от тех возможностей США, Китая, Британии и т.д.
- Рост сложности структуры систем и ПО, необходимо большее количество высоквалицированныхтспециалистов.