КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЦОД

НЦБИ | Рабочая редакция | 27 октября 2026 г.



Москва 2026

Содержание

Введение

1. Назначение комплексной системы

2. Объекты и функциональные направления мониторинга

3. Принципы работы комплексной системы

4. Информационное обеспечение и архитектура комплексной системы

Заключение

Документ описывает концептуальные технические решения. Окончательный состав оборудования, алгоритмы, показатели обнаружения и нормативная применимость уточняются проектом.

Введение

Актуальность обеспечения комплексной безопасности центров обработки данных

Центры обработки данных (ЦОД) являются одним из ключевых элементов современной цифровой инфраструктуры. От устойчивости их работы зависит доступность государственных и корпоративных информационных систем, финансовых и телекоммуникационных сервисов, промышленных процессов и иных критически важных цифровых услуг. Даже локальное нарушение функционирования инженерной инфраструктуры ЦОД способно привести к прерыванию предоставления сервисов, потере доступности данных, значительным экономическим издержкам и осложнению работы взаимосвязанных организаций.

В современных условиях требования к защищённости ЦОД возрастают. Наряду с традиционными эксплуатационными рисками — перегревом электрооборудования, отказами электроснабжения и охлаждения, пожарами, повреждениями кабельных линий — необходимо учитывать несанкционированный доступ, намеренное механическое воздействие на инженерные системы и внешние угрозы физической безопасности. Для отдельных объектов, с учётом их местоположения и модели угроз, особое значение приобретает защита от воздействия беспилотных летательных аппаратов, включая поражение внешних сооружений и оборудования осколками и другими поражающими элементами.

При этом обеспечение безопасности ЦОД не может ограничиваться только резервированием оборудования, противопожарными мероприятиями либо охраной периметра. Требуется своевременно обнаруживать признаки опасных процессов, определять место их возникновения, оценивать характер воздействия и обеспечивать оперативное информирование ответственных служб до того, как локальное событие перерастёт в масштабный отказ. Особое значение имеет непрерывный контроль протяжённых и труднодоступных элементов инфраструктуры: кабельных трасс, коллекторов, периметральных ограждений и защитных конструкций.

Предлагаемый НЦБИ подход предусматривает создание комплексной волоконно-оптической системы мониторинга, объединяющей распределённый акустический и температурный контроль, интерферометрические измерения и оптические датчики электрического тока. Такое сочетание позволяет организовать инструментальное наблюдение за техническим состоянием инженерных систем и физическими воздействиями на контролируемые объекты, получать адресную информацию об аномалиях и передавать её в единую информационную среду ЦОД.

Цель настоящей концепции — определить возможные функциональные направления применения указанных технологий, принципы их совместной работы и подход к информационному обеспечению. Предлагаемая система рассматривается как дополнительный инструмент повышения наблюдаемости и устойчивости инфраструктуры; её внедрение не отменяет обязательных мер пожарной безопасности, охраны, инженерной защиты и резервирования. Конкретные решения подлежат обоснованию проектом, анализом угроз и подтверждением работоспособности в условиях объекта.

1. Назначение комплексной системы

Комплексная волоконно-оптическая система мониторинга ЦОД (далее — Система) предназначена для комплексного инструментального обеспечения безопасности зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и оборудования ЦОД посредством непрерывного обнаружения, регистрации и локализации опасных событий и технических отклонений. Для решения задач, обозначенных во введении, Система предназначена для:

- раннего выявления перегрева, температурных аномалий и признаков возгорания в машинных залах, аккумуляторных, помещениях ИБП, электрощитовых, трансформаторных, ДГУ, хладоцентрах и кабельных сооружениях;
- непрерывного контроля силовых кабелей и линий связи, мест их ввода, кабельных тоннелей, коллекторов и колодцев с обнаружением и локализацией механических и виброакустических воздействий, указывающих на возможное повреждение трассы, земляные работы или несанкционированное вмешательство;

- выявления признаков неисправностей электротехнического и инженерного оборудования по нехарактерным вибрациям, акустическим проявлениям частичных разрядов и аномальным токам в металлических экранах силовых кабелей и проводниках заземления;
- контроля охраняемого периметра ЦОД с обнаружением попыток преодоления ограждений, подкопа, механического повреждения конструкций и иных физических воздействий с локализацией участка события;
- мониторинга противодроновых защитных конструкций (каркасов, сеток и противоосколочных матов): регистрации ударов и попаданий поражающих элементов, локализации зоны воздействия и обнаружения температурных признаков возможного возгорания;
- определения времени, места и характера событий, формирования адресных предупреждений и тревог для эксплуатационных, инженерных, пожарных и охранных служб ЦОД;
- централизованного сбора, анализа и архивирования измерений, отображения событий на автоматизированных рабочих местах, обмена данными со смежными системами ЦОД и, при наличии предусмотренных оснований, с внешними уполномоченными службами.

Основное назначение Системы — предоставление персоналу своевременной и достоверной информации об угрозах и отклонениях для принятия решений, сокращения времени реагирования на инциденты и повышения устойчивости работы ЦОД.

Система не заменяет обязательные средства пожарной безопасности, инженерного резервирования, физической охраны и пассивной противодроновой защиты. Применение компонентов в качестве пожарных извещателей определяется нормативными требованиями и областью действия сертификатов; состав оборудования, зоны контроля и показатели обнаружения уточняются проектом и проверяются на объекте.

2. Объекты и функциональные направления мониторинга

Применение технологий рассматривается по помещениям, технологическим сооружениям и объектам внешней инфраструктуры ЦОД.

2.1. Машинный зал

Сертифицированная волоконно-оптическая система пожарного обнаружения предназначена для непрерывного распределённого контроля температуры машинного зала ЦОД.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Контроль пространства фальшпола и расположенных в нём инженерных коммуникаций.
- Контроль кабельных лотков, трасс и шинопроводов.
- Контроль пространства фальшпотолка и участков коммуникаций с повышенным риском перегрева.
- Выявление локальных температурных аномалий, определение контролируемой зоны и автоматическое формирование сигнала пожарной тревоги.

Расположение чувствительных элементов и порядок включения в систему пожарной сигнализации определяются проектом.

2.2. Аккумуляторная

Распределённый температурный мониторинг аккумуляторных помещений применяется независимо от технологии батарей — свинцово-кислотной, литий-ионной и иной, с учётом конструктивных особенностей конкретного оборудования.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Контроль аккумуляторных шкафов, стеллажей и доступных участков батарейных модулей.
- Контроль силовых кабелей, соединений и кабельных лотков.

- Контроль пространства фальшпола и фальшпотолка при наличии таких конструкций.
- Контроль предусмотренных проектом зон аккумуляторного помещения.
- Выявление температурных признаков аварийных процессов и возгорания с автоматическим формированием тревоги.

Обнаружение выделяющихся газов и иных нетемпературных признаков аварии при необходимости выполняется отдельными средствами.

2.3. Помещение источников бесперебойного питания (ИБП)

Система предназначена для пожарного температурного мониторинга оборудования источников бесперебойного питания и связанных силовых коммуникаций.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Мониторинг доступных зон шкафов ИБП, включая выпрямители, инверторы и силовую электронику.
- Контроль входных и выходных силовых кабелей, лотков и шинопроводов.
- Контроль байпасных и распределительных шкафов, распределительных соединений.
- Контроль фальшпола и фальшпотолка при наличии.
- Обнаружение температурных аномалий, локализация контролируемого участка и выдача пожарной тревоги.

Установка чувствительных элементов выполняется с учётом конструкции ИБП, электробезопасности и требований производителя.

2.4. Электрощитовая

В электрощитовой используются две взаимосвязанные функции: распределённый температурный контроль с пожарным обнаружением и волоконно-оптическое измерение электрических токов.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Контроль главных распределительных щитов (ГРЩ), вводно-распределительных устройств (ВРУ) и распределительных шкафов.
- Контроль шинопроводов и доступных участков шинных соединений.
- Контроль силовых кабелей, кабельных лотков, вводов и проходок.
- Контроль фальшпола и фальшпотолка при наличии; формирование пожарных тревог при температурных признаках возгорания.

Волоконно-оптический мониторинг электрических токов

- Измерение токов металлических экранов и оболочек силовых кабелей.
- Измерение токов в заземляющих проводниках и соединениях в оборудованных точках.
- Выявление аномальных токовых режимов и формирование предупреждений при превышении порогов.

Токи экранов кабелей, токи заземляющих проводников и токи утечки — разные измеряемые величины. Диагностика зависит от схемы заземления и расположения датчиков; измерение внешней температуры шкафа не гарантирует обнаружения локального перегрева контакта внутри.

2.5. Трансформаторная

Для трансформаторной предусматриваются три функции: пожарное обнаружение и температурный мониторинг, измерение электрических токов, а также диагностика частичных разрядов на высоковольтных вводах.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Контроль доступных поверхностей сухих и масляных трансформаторов и прилегающих конструкций.
- Контроль кабельных вводов и выводов, силовых кабелей, кабельных лотков, шинопроводов и соединений.
- Контроль кабельных каналов, подпольных пространств и зон помещения.
- Локализация температурных аномалий и автоматическое формирование пожарной тревоги.

Волоконно-оптическое измерение электрических токов

- Измерение токов экранов и оболочек силовых кабелей.
- Контроль токов заземляющих проводников трансформаторов и соединений системы заземления.
- Выявление изменений режимов и выдача предупреждающих и аварийных сигналов.

Волоконно-оптическая система мониторинга частичных разрядов

- Обнаружение акустических проявлений частичных разрядов на высоковольтных вводах трансформаторов.
- Регистрация динамики разрядной активности, выявление признаков развивающихся дефектов изоляции.
- Локализация зоны разрядов при наличии соответствующей технической возможности.
- Архивирование диагностических данных и формирование предупреждений.

Температура поверхности не равна температуре обмоток; внутренние температуры требуют предусмотренных конструкцией датчиков. Акустическая регистрация частичных разрядов не тождественна измерению кажущегося заряда в пикокулонах.

2.6. Помещение дизель-генераторной установки (ДГУ)

В помещении ДГУ предусматриваются пожарное обнаружение по температурным признакам и вибрационная диагностика механического оборудования.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Контроль доступных узлов двигателя, генератора и их электрических соединений.
- Контроль зон топливной системы и трубопроводов, выхлопного тракта и окружающих его конструкций.
- Контроль силовых кабелей, шинопроводов, лотков и распределительных шкафов.
- Контроль кабельных каналов и технологических пространств; формирование пожарной тревоги.

Волоконно-оптический вибрационный мониторинг

- Контроль вибраций дизельного двигателя и электрогенератора.
- Контроль вибраций опор, креплений и фундаментных конструкций.
- Выявление аномальных изменений вибрационных характеристик и возможных признаков разбалансировки.
- Анализ вибраций во времени и выдача предупреждений при выходе за пороги.

Пороговые температуры выбираются с учётом нормальных рабочих режимов ДГУ. Система не заменяет необходимые средства обнаружения утечек топлива, вентиляцию и пожаротушение.

2.7. Помещение ввода кабелей связи

В помещении ввода кабелей связи предусматривается пожарная сигнализация на основе распределённого температурного мониторинга. Системы контроля протяжённых оптических линий и наружных колодцев рассматриваются отдельно.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Контроль кабельных вводов в здание, кабельных лотков и трасс связи.

- Контроль кабельных каналов, шахт и технологических проходок.
- Контроль мест размещения кабельных муфт и соединительных узлов с точки зрения внешнего нагрева.
- Контроль телекоммуникационных шкафов и активного оборудования при наличии.
- Контроль фальшпола и фальшпотолка при наличии; локализация температурных аномалий и формирование пожарной тревоги.

Оптические линии связи сами по себе не являются значительным источником тепла: мониторинг направлен прежде всего на внешние тепловые воздействия и пожароопасные события в помещении.

2.8. Холодильное помещение (хладоцентр)

В холодильном помещении (хладоцентре) предусматриваются пожарное обнаружение, технологический температурный мониторинг и вибрационная диагностика холодильного оборудования.

Температурный мониторинг и пожарная сигнализация

- Контроль доступных участков холодильных машин, компрессоров и электродвигателей насосов.
- Контроль шкафов управления, силового оборудования, кабелей, шинопроводов и лотков.
- Контроль температурных режимов предусмотренных проектом участков трубопроводов хладоносителя и теплообменного оборудования.
- Контроль кабельных каналов и технологических пространств, обнаружение признаков возгорания.

Волоконно-оптический вибрационный мониторинг

- Контроль вибраций компрессоров, циркуляционных насосов и электродвигателей.
- Выявление аномальных колебаний и признаков разбалансировки или проблем с креплениями.
- Контроль вибраций опор и оснований, анализ изменения параметров во времени.
- Выдача предупреждений и передача данных в диспетчеризацию ЦОД.

Средства контроля протечек теплоносителя и утечек хладагента предусматриваются отдельно, если требуются по применимой технологии и проекту.

2.9. Кабельная канализация, тоннели и коллекторы

Для протяжённых внешних кабельных коммуникаций предусматривается только распределённый виброакустический мониторинг (DAS). Одно из оптических волокон контролируемой линии используется как распределённый акустический сенсор.

Волоконно-оптическая система распределённого акустического мониторинга

- Непрерывная регистрация виброакустических воздействий на линию и окружающую кабельную инфраструктуру.
- Обнаружение механических воздействий и признаков вмешательства в кабельную трассу.
- Выявление вибраций, связанных с земляными, строительными и ремонтными работами вблизи линии.
- Определение места воздействия по длине контролируемого волокна.
- Классификация событий при наличии соответствующих алгоритмов и передача тревог в систему безопасности ЦОД.
- Регистрация и архивирование событий для анализа.

Чувствительность зависит от конструкции кабеля, способа прокладки и передачи вибраций на волокно. Показатели обнаружения и локализации требуют проверки на конкретной трассе.

2.10. Кабельные колодцы

Кабельные колодцы рассматриваются как отдельные точки доступа к внешней кабельной инфраструктуре. Для физической безопасности сочетаются акустический контроль воздействий и, при необходимости, специальные волоконно-оптические датчики вскрытия люков.

Волоконно-оптический контроль доступа и механических воздействий

- Регистрация механических воздействий на кабель, муфты и элементы кабельного колодца.
- Выявление виброакустических признаков несанкционированных работ и вмешательства.
- Обнаружение вскрытия крышек при использовании специализированных оптических датчиков положения люка.
- Определение колодца или зоны линии, где зарегистрировано событие.
- Передача тревожных сообщений и архивирование событий.

DAS не гарантирует обнаружение каждого открытия крышки. Там, где нужен достоверный контроль факта вскрытия, предусматривается отдельный датчик положения люка.

2.11. Охраняемый периметр территории ЦОД

Волоконно-оптическая распределённая акустическая система предназначена для обеспечения физической безопасности внешнего периметра ЦОД. Чувствительный кабель размещается на ограждении и/или в грунте.

Распределённый акустический мониторинг периметра

- Выявление механических воздействий на ограждение: перелезания, ударов, резки или разрушения конструкций.
- Регистрация вибраций грунта от движения людей и транспортных средств в предусмотренной зоне обнаружения.
- Выявление признаков земляных работ и попыток подкопа.
- Локализация участка воздействия вдоль охраняемого периметра.
- Классификация событий, формирование тревог и интеграция с видеонаблюдением и системой безопасности.
- Накопление архива событий для последующего анализа.

Конфигурация и эффективность зависят от типа ограждения, грунта, условий монтажа, погоды и фоновых вибраций. Возможно формирование нескольких рубежей контроля.

2.12. Защитные ограждающие конструкции от беспилотных летательных аппаратов

Для повышения защищённости зданий, сооружений и критически важного оборудования ЦОД могут применяться защитные ограждающие конструкции (ЗОК) от беспилотных летательных аппаратов. В соответствии с СП 542.1325800.2024 в состав ЗОК могут входить несущие конструкции, улавливающие сетчатые и тросовые элементы, а также дополнительные противоосколочные элементы. Состав защиты определяется проектом с учётом характера возможных угроз.

Применение противоосколочных защитных матов НЦБИ

- В качестве дополнительных противоосколочных элементов ЗОК предлагается рассмотреть защитные маты НЦБИ серии БМ с инновационной многослойной композиционной структурой.
- Маты предназначены для снижения воздействия осколков и иных поражающих элементов на защищаемые строительные конструкции и оборудование.
- В зависимости от требуемых характеристик могут применяться БМ-1 (V_{50} 350–500 м/с), БМ-2 (V_{50} 500–700 м/с) и БМ-3 (V_{50} 700–1000 м/с).
- Предусматривается возможность размещения матов на несущих конструкциях вокруг здания ЦОД и локально для защиты критически важных наружных инженерных установок.

- Выбор типа матов, их количества и схемы размещения определяется проектными угрозами и необходимым уровнем защиты объекта.

Конструктивные особенности применения

- Маты могут использоваться совместно с улавливающими сетчатыми конструкциями либо как самостоятельный противоосколочный элемент на специально предусмотренном каркасе.
- При проектировании учитываются масса и крепление матов, нагрузки на несущие конструкции, доступ к обслуживанию оборудования и возможность замены повреждённых элементов.
- Показатель V_{50} характеризует стойкость мата к заданному поражающему элементу, но сам по себе не определяет уровень защиты всей ЗОК. Эффективность выбранного решения подлежит подтверждению расчётами и исследованиями.

Распределённый акустический и температурный мониторинг

- В защитные маты или элементы их крепления возможно интегрировать оптическое волокно для регистрации ударных и виброакустических воздействий, в том числе попаданий осколков.
- Распределённый температурный контроль позволяет выявлять локальные температурные аномалии и признаки возможного возгорания в контролируемых зонах.
- Система может определять участок воздействия и передавать предупреждения персоналу ЦОД. Формирование пожарной тревоги допускается при соблюдении требований к применению сертифицированных извещателей.

Схема прокладки волокна, чувствительность и точность локализации, а также сохранение защитных свойств матов и работоспособности сенсоров после воздействия подлежат экспериментальной проверке.

2. Проектные ограничения и дальнейшая проработка

- Подтвердить состав и область действия сертификатов на используемые пожарные извещатели, а также согласовать архитектуру пожарной сигнализации с применимыми нормами.
- Определить типы оптических измерительных устройств и допустимость использования существующих волокон для распределённого мониторинга.
- Для токовых датчиков уточнить измерительные диапазоны, схему заземления и места установки.
- Для мониторинга частичных разрядов проверить чувствительность, методику интерпретации и возможность локализации.
- Для вибрационного мониторинга насосов, компрессоров и ДГУ определить диагностические диапазоны и места установки.
- Для защиты кабельных линий, колодцев, периметра и защитных матов провести натурную проверку чувствительности, ложных тревог и точности локализации.
- Для интегрированных противоосколочных матов проверить сохранение защитных свойств и работоспособность волокна после воздействия.

Документ является концепцией возможных применений и не заменяет проектную документацию, технические условия, результаты исследований или подтверждение нормативного соответствия.

3. Принципы работы комплексной волоконно-оптической системы мониторинга

Комплексная система основана на четырёх взаимодополняющих оптических измерительных технологиях. Чувствительные элементы преобразуют механические, акустические, температурные и магнитные воздействия в измеряемые изменения характеристик оптического излучения. Результаты направляются в единую информационную платформу.

Оптическое волокно обладает рядом свойств, определяющих его преимущества при использовании в качестве чувствительного элемента систем мониторинга. Оно имеет малый диаметр и массу, является диэлектриком, не требует подачи электрического питания непосредственно к чувствительному участку и не создаёт радиочастотных электромагнитных помех. Благодаря электрической изоляции и устойчивости к электромагнитным воздействиям оптические сенсоры особенно востребованы вблизи силового электрооборудования, высоковольтных кабельных линий и других объектов с повышенным уровнем электромагнитных помех.

Высокая прочность оптического волокна на растяжение, его компактность и возможность применения защитных оболочек позволяют размещать чувствительные линии на протяжённых инженерных сооружениях, внутри кабельных конструкций, на ограждениях и в составе защитных матов. При соблюдении требований к монтажу и допустимым изгибам волокно обеспечивает долговременный контроль без большого количества распределённых электронных приборов: измерительный блок может находиться в защищённом помещении, а чувствительный участок — на значительном удалении. Это упрощает создание протяжённых и многозонных систем мониторинга, снижает потребность в электропитании полевых датчиков и позволяет интегрировать чувствительные элементы в существующую инфраструктуру ЦОД.

3.1. Распределённый акустический мониторинг (DAS)

Технология DAS (Distributed Acoustic Sensing) использует оптическое волокно в качестве протяжённого чувствительного элемента. Измерительный блок вводит в волокно лазерное излучение и анализирует изменения фазовых характеристик обратнорассеянного сигнала, преимущественно обусловленного рэлеевским рассеянием.

Вибрации и акустические воздействия вызывают малые динамические деформации волокна, что позволяет обнаруживать события и оценивать координату их возникновения вдоль трассы. Технология применяется для защиты кабельных линий, тоннелей и коллекторов, мониторинга охраняемого периметра и регистрации воздействий на защитные маты. Точность локализации и классификации зависит от конструкции и укладки кабеля и подтверждается натурной проверкой.

3.2. Распределённый температурный мониторинг (DTS)

DTS (Distributed Temperature Sensing) обеспечивает измерение температурного профиля вдоль оптического волокна. В распространённых реализациях используется зависимость компонентов комбинационного (рамановского) обратнорассеяния от температуры. Анализ обратного сигнала позволяет определять температуру и положение контролируемого участка.

Технология применяется для раннего выявления перегрева силовых кабелей, инженерных коммуникаций, технологических помещений и противоосколочных конструкций. На основе подходящих сертифицированных решений DTS может выполнять функцию линейного теплового пожарного извещателя; применение определяется проектом и нормативными требованиями. DAS сам по себе не измеряет температуру.

3.3. Интерферометрические волоконно-оптические технологии

Волоконно-оптические интерферометрические датчики регистрируют изменение оптической фазы, вызываемое механическими и акустическими колебаниями. Высокая чувствительность позволяет выявлять слабые сигналы, связанные с вибрациями оборудования и акустическими импульсами частичных разрядов в изоляции электротехнических установок.

Такие датчики предназначены для вибрационной диагностики насосов, компрессоров, электрических машин и высоковольтного оборудования. При регистрации частичных разрядов измеряется акустическое проявление процесса, а не непосредственно электрический заряд разряда.

3.4. Волоконно-оптические датчики электрического тока (FOCS)

Точечные датчики тока FOCS (Fiber Optic Current Sensors) могут использовать магнитооптический эффект Фарадея: магнитное поле, создаваемое электрическим током, вызывает поворот плоскости поляризации света в соответствующем чувствительном материале. Измеряемое изменение поляризации используется для определения тока с учётом конструкции и калибровки датчика.

В ЦОД технология предназначена для контроля токов в металлических экранах силовых кабелей и проводниках заземления, а также регистрации отклонений от нормального электрического режима. Конкретный тип магнитооптического элемента и способ установки определяются выбранным изделием.

3.5. Совместная работа измерительных технологий

DAS обеспечивает распределённый виброакустический контроль; DTS — распределённое температурное измерение; интерферометрические датчики — высокочувствительный контроль механических и акустических сигналов; FOCS — локальное измерение электрического тока. Совместно они формируют технологическую основу мониторинга критически важной инфраструктуры ЦОД.

4. Информационное обеспечение и архитектура комплексной системы мониторинга ЦОД

Информационное обеспечение представляет собой многоуровневую программно-аппаратную архитектуру для сбора, предварительной и централизованной обработки, хранения, анализа и представления результатов всех измерительных подсистем. Оно обеспечивает единое информационное пространство и разграниченный доступ пользователей к событиям и параметрам объектов.

4.1. Уровень первичных измерений

Первый уровень образуют чувствительные элементы DAS, DTS, интерферометрические датчики и точечные датчики тока FOCS, размещённые на контролируемых объектах.

На уровне измерений формируются оптические сигналы, связанные с температурными, виброакустическими, механическими и магнитными воздействиями.

4.2. Уровень сбора и предварительной обработки

Измерительные блоки, контроллеры и коммуникационные шлюзы преобразуют оптические сигналы в цифровые данные, выполняют фильтрацию, определяют параметры и координаты событий, присваивают временные метки и передают результаты на центральную платформу.

Первичные массивы DAS и других высокочастотных измерений целесообразно обрабатывать локально; на центральный уровень передавать измерительные показатели, отобранные фрагменты сигналов и события по установленным правилам.

4.3. Уровень централизованной обработки и хранения данных

Центральная платформа объединяет сведения от измерительных подсистем в реестре контролируемых объектов, хранилище временных рядов, журнале событий и архиве диагностических данных.

Предусматриваются сопоставление событий разных источников, управление пороговыми значениями, формирование предупреждений, поиск и фильтрация истории, подготовка отчётности, резервное копирование и восстановление данных.

Каждая запись события связывается с временем, идентификатором объекта, местоположением, типом, уровнем опасности и статусом обработки.

4.4. Уровень визуализации и автоматизированных рабочих мест

АРМ диспетчера: обзор состояния инженерной инфраструктуры, журнал тревог и контроль обработки событий.

АРМ инженерно-технического персонала: анализ температурных профилей, вибросигналов, токов и динамики неисправностей.

АРМ службы безопасности: охраняемый периметр, кабельная инфраструктура, кабельные колодцы и защитные конструкции, интеграция с видеонаблюдением.

АРМ ответственных за пожарную безопасность: контроль температурных аномалий и отображение поступающих сигналов пожарной сигнализации.

АРМ руководства: агрегированные показатели, статистика инцидентов, отчёты и аналитика.

События представляются на технологических схемах, планах помещений и цифровых схемах расположения кабельных трасс и защитных конструкций с разграничением полномочий пользователей.

4.5. Интеграция и внешнее информационное взаимодействие

Предусматривается обмен с BMS, DCIM, системами пожарной сигнализации, видеонаблюдения, контроля доступа и управления инцидентами. Возможные интерфейсы — OPC UA, MQTT, REST API и другие протоколы, выбираемые с учётом требований совместимости и информационной безопасности.

Передача информации внешним диспетчерским, аварийно-спасательным службам и уполномоченным организациям возможна только по согласованным регламентам, правовым основаниям и защищённым каналам. Автоматическая передача всех тревог в МЧС не устанавливается как универсальная обязательная функция.

Специализированная пожарная автоматика и нормативно предусмотренные каналы передачи извещений должны выполнять свои функции независимо от общей информационной платформы.

4.6. Информационная безопасность и непрерывность

Архитектура предусматривает идентификацию и аутентификацию персонала, ролевое разграничение доступа, сегментацию технологической сети, защиту обмена данными, журналирование действий, резервирование критических компонентов и резервное копирование.

Критически важные функции измерительных подсистем и пожарной сигнализации не должны зависеть от доступности пользовательского интерфейса, общей базы данных или внешнего канала связи.

4.7. Единое информационное пространство

Совместное использование измерительных технологий и программно-аналитической платформы позволяет перейти от наблюдения за разрозненными показателями к комплексной оценке событий, взаимосвязей и потенциально опасных состояний инженерной инфраструктуры ЦОД.

Основной принцип — преобразование первичной измерительной информации в структурированные сведения об объектах, угрозах и событиях для оперативных и управленческих решений.

Заключение

Представленная концепция определяет подход к созданию комплексной волоконно-оптической системы мониторинга центра обработки данных, объединяющей задачи пожарной безопасности, технической диагностики инженерной инфраструктуры и физической защиты объекта. Предлагается рассматривать ЦОД как взаимосвязанную инженерную систему, в которой своевременное выявление и точная локализация потенциально опасных событий имеют принципиальное значение для обеспечения непрерывности работы цифровых сервисов.

Применение распределённого акустического мониторинга (DAS), распределённого температурного мониторинга (DTS), интерферометрических измерительных технологий и волоконно-оптических датчиков тока обеспечивает возможность получения разнородных измерительных данных из помещений, кабельных линий, инженерного оборудования, внешнего периметра и противоосколочных защитных конструкций. Совместный анализ этих данных позволяет выявлять отклонения на ранней стадии, уточнять место и характер воздействия и формировать информационную основу для оперативного реагирования.

Принципиальная особенность предлагаемого решения — интеграция измерительных подсистем в единую многоуровневую информационную архитектуру. Централизованная обработка и хранение данных, архив событий, специализированные автоматизированные рабочие места и регламентированный обмен информацией с внешними системами создают условия для согласованных действий эксплуатационных, инженерных и охранных подразделений ЦОД.

Практическая реализация концепции должна осуществляться поэтапно: от анализа угроз и обследования объекта к разработке технических требований, выбору контролируемых участков и измерительных технологий, экспериментальной проверке характеристик обнаружения и локализации, проектированию, интеграции и вводу в

эксплуатацию. Состав системы, границы применимости, показатели точности и устойчивости, требования к резервированию и информационной безопасности определяются для конкретного объекта с учётом действующих нормативных требований.

Комплексный волоконно-оптический мониторинг рассматривается как дополнительный инструмент повышения защищённости и наблюдаемости инфраструктуры, а не как замена обязательных систем пожарной сигнализации, противопожарной защиты, физической охраны и инженерного резервирования. Его внедрение целесообразно оценивать с учётом приоритетных рисков, технической осуществимости и ожидаемого эффекта для надёжности эксплуатации.

Таким образом, концепция НЦБИ формирует основу для разработки проектных решений, в которых пассивная защита, распределённые измерения и информационная аналитика объединяются в согласованный комплекс раннего обнаружения угроз и поддержки принятия решений. Конечная цель — повышение устойчивости ЦОД к внутренним отказам и внешним воздействиям при сохранении управляемости и непрерывности его функционирования.