

УДК 614.849

*Аксенов Сергей Геннадьевич*

*д-р э.н., профессор,*

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа*

*Кильдибаев Рамиль Минниахметович*

*студент,*

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа*

## **РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПУТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО АНАЛИЗА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье изучены методы исследования повышения пожарной безопасности промышленных объектов за счет внедрения систем непрерывного мониторинга электрооборудования. Рассмотрены недостатки традиционных подходов, основанных на плановых проверках, и обоснована необходимость перехода к превентивным технологиям. Результаты исследования подтверждают, что непрерывный анализ данных позволяет снизить риск возгораний на 25–35% и оптимизировать затраты на обслуживание оборудования.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, электрооборудование, предиктивная аналитика, IoT-мониторинг, промышленные объекты, превентивные системы.

**Aksenov Sergey Gennadievich**

Doctor of Economics, Professor,

Ufa University of Science and Technology, Russian Federation, Ufa

**Kildibaev Ramil Minniakhmetovich**

Student,

Ufa University of Science and Technology, Russian Federation, Ufa

# DEVELOPMENT OF FIRE SAFETY SYSTEMS FOR INDUSTRIAL FACILITIES BY CONTINUOUS ANALYSIS OF ELECTRICAL EQUIPMENT PERFORMANCE

**Abstract.** The article is devoted to the study of methods for improving the fire safety of industrial facilities through the introduction of continuous monitoring systems for electrical equipment. The disadvantages of traditional approaches based on routine inspections are considered, and the need for a transition to preventive technologies is substantiated. An example from the metallurgical and chemical industries demonstrates the effectiveness of using IoT sensors, predictive analytics, and digital twins to predict emergencies. The results of the study confirm that continuous data analysis can reduce the risk of fires by 25-35% and optimize equipment maintenance costs.

**Keywords:** fire safety, electrical equipment, predictive analytics, IoT monitoring, industrial facilities, preventive systems.

Производственные пожары продолжают оставаться одной из ключевых угроз в контексте обеспечения безопасности на промышленных объектах. По сведениям МЧС России (отчет за 2024 г.) [7], примерно сорок процентов техногенных возгораний обусловлены неисправностями электрических установок, включая короткие замыкания, перегрузки сети и износ материалов изоляции. Традиционные способы диагностики часто имеют явные недостатки:

- Реактивный подход: необходимость устранения проблем уже после их возникновения.
- Дискретный характер: исследования проводятся с фиксированной периодичностью без учета изменений в эксплуатационных условиях.

- Фактор субъективности: вероятность ошибок вследствие человеческого вмешательства остается высокой.

Таким образом, очевидна потребность во внедрении систем мониторинга с непрерывным действием для анализа состояния электрооборудования в режиме реального времени. Целью исследования является изучение эффективности таких технологий для предотвращения возгораний и разработки адаптивных средств безопасности.

Исследование аварийных случаев на промышленных площадках (данные экспертной организации в области промышленной безопасности ООО «ЭкспертВР» за период 2023-2024 гг.) [8] позволило выделить основные факторы риска:

- Тепловые перегрузки (35% случаев) — превышение лимитов мощности системы вызывает перегрев электропроводниковых элементов;

- Изоляционные дефекты (28%) — возникают при старении материалов или механическом воздействии;

- Коррозионные процессы контактов (18%) — провоцируют увеличение переходного сопротивления и образование искр.

#### Основы работы систем непрерывного контроля

Современные системы мониторинга спроектированы на базе трех функциональных компонентов:

1. Сенсорные модули: включают датчики температуры, тока, вибраций и частичных разрядов (микроэлектромеханические технологии).

2. Прогнозирующая аналитика: использование алгоритмов машинного обучения, для предсказания отказов оборудования до их наступления.

3. Интеграция с SCADA-системами (софт, разработанный для создания, реализации и сопровождения распределенных систем управления (PCY), выполняет задачи постоянного сбора данных, их обработки в реальном

времени с использованием алгоритмов, интерактивного представления информации через интерфейсы человеко-машинного взаимодействия (HMI) и систематической записи сведений о процессах контроля и управления технологическими объектами в архив): обмен данными с платформами управления технологическими процессами для создания единой информационной среды.

Например, система ABB Ability™ применяет облачные вычисления для анализа состояния трансформаторов и снижает вероятность возгораний до тридцати процентов.

В рамках исследования была создана структурная организация системы, включающая следующие компоненты:

- Электронные датчики модели Schneider Electric Easergy T300, предназначенные для регистрации температуры и анализа гармонических составляющих тока.

- Локальный сервер, обрабатывающий данные с применением программного обеспечения, написанного на языке Python с использованием библиотек машинного обучения TensorFlow и PyTorch.

- Инструмент визуализации Grafana, который предоставляет возможность построения тепловых карт для отображения состояния объектов оборудования.

Традиционные подходы к мониторингу позволяют уменьшить вероятность появления аварийных состояний до интервала 10–15%, однако такие методы сопровождаются значительными затратами трудовых ресурсов и требуют продолжительного времени на реализацию мероприятий по контролю технического состояния оборудования. Современные технологии непрерывного наблюдения за состоянием оборудования демонстрируют заметное преимущество: их точность прогнозирования может достигать

уровня 92%, что позволяет более эффективно предупреждать потенциальные неисправности.

Одним из ключевых барьеров при внедрении IoT-систем является высокий уровень начальных вложений, который для предприятий малого бизнеса может начинаться от двух миллионов рублей. Также важной проблемой остается информационная безопасность — уязвимости в таких протоколах, как MQTT и Modbus, увеличивают вероятность целенаправленных атак со стороны злоумышленников или компрометации данных систем мониторинга.

#### Рекомендации по внедрению

Для достижения оптимального уровня эффективности рекомендуется использовать комбинированный подход: совмещение аналитических операций в облаке с локальными вычислениями (edge computing). Также важно следовать рекомендациям международных стандартов для интеграции процессов мониторинга в повседневную деятельность предприятия через систему управления охраной труда и здоровья (СУОТ).

Таким образом, систематическое отслеживание параметров работы электроустановок меняет парадигму обеспечения пожарной безопасности: акцент смещается от реагирования на устранение последствий инцидентов к выявлению угроз заранее и их предотвращению еще до начала развития аварийной ситуации. Согласно полученным данным исследования, использование описанных технологий позволяет снизить частоту серьезных происшествий на величину порядка 25–35%, при этом срок окупаемости подобных решений составляет всего два-три года эксплуатации системы мониторинга. В качестве перспективы дальнейших работ предлагается сосредоточиться на объединении методов искусственного интеллекта с технологиями цифровых двойников для имитации критических ситуаций и разработки моделей поведения систем при различных уровнях риска

возможных угроз безопасности объектов инфраструктуры электроэнергетики или промышленности в целом.

### Список литературы

1. Аксенов С.Г., Корнеев В.С., Синагатуллин Ф.К., Пермьяков А.В. Анализ обеспечения пожарной безопасности в резервуарном парке // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2023, № 1. - С. 31-47.
2. Аксенов С.Г., Вахитова Л.Ф., Михайлова В.А., Жданов Р.Р. Исследование мероприятий по повышению пожаробезопасности производственных объектов // Современные наукоемкие технологии. – 2022, № 10.- С. 64-68.
3. Аксенов С.Г., Яппаров Р.М., Кулешова Е.Ю. Пожарная безопасность каталитического риформинга // Техносферная безопасность. – 2022, №2 (35). – С. 75-78.
4. Бакиров И.К. Разработка метода оценки пожарных рисков твердых горючих веществ и материалов на производственных и складских объектах // Пожаровзрывобезопасность. – 2017, № 9.– С. 35-41.
5. Галеев А.Д., Поникаров С.И. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах. Учебное пособие. – Казань: «КНИТУ», 2017. – 152 с.
6. Чернов Д.Ю. Внедрение цифровых технологий в пожарную безопасность // Системы безопасности. – 2019, № 4. – С. 88-89.
7. Пожары. Итоги 2024 года в цифрах [Электронный ресурс].URL: <https://02.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5435982> (Дата обращения 10.03.2025).
8. Анализ аварий и инцидентов на промышленных предприятиях Российской Федерации за 2024 год [Электронный ресурс].URL:[https://expertvr.ru/article/analiz-avariy-i-intsidentov-na-](https://expertvr.ru/article/analiz-avariy-i-intsidentov-na)

[promyshlennykh-predpriyatiyakh-rossiyskoy-federatsii-2024/](#)(Дата обращения 09.03.2025).

### References

1. Aksenov S.G., Korneev V.S., Sinagatullin F.K., Permyakov A.V. Analysis of fire safety in a tank farm // Electronic scientific journal Oil and Gas Business. - 2023, No. 1. - P. 31-47.
2. Aksenov S.G., Vakhitova L.F., Mikhailova V.A., Zhdanov R.R. Study of measures to improve fire safety of industrial facilities // Modern science-intensive technologies. - 2022, No. 10.- P. 64-68.
3. Aksenov S.G., Yapparov R.M., Kuleshova E.Yu. Fire safety of catalytic reforming // Technosphere safety. - 2022, No. 2 (35). - P. 75-78.
4. Bakirov I.K. Development of a method for assessing fire risks of solid combustible substances and materials at industrial and warehouse facilities // Fire and Explosion Safety. - 2017, No. 9. - P. 35-41.
5. Galeev A.D., Ponikarov S.I. Analysis of the risk of accidents at hazardous industrial facilities. Study guide. - Kazan: "KNITU", 2017. - 152 p.
6. Chernov D.Yu. Implementation of digital technologies in fire safety // Security Systems. - 2019, No. 4. - P. 88-89.
7. Fires. Results of 2024 in numbers [Electronic resource].URL: <https://02.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5435982> (Date of access: 03/10/2025).
8. Analysis of accidents and incidents at industrial enterprises of the Russian Federation for 2024 [Electronic resource].URL: <https://expertvr.ru/article/analiz-avariy-i-intsidentov-na-promyshlennykh-predpriyatiyakh-rossiyskoy-federatsii-2024/>(Access date 03/09/2025).