Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 621.31

Система прогнозирования и оценки аварийных рисков лифтового хозяйства ООО «Лифтком» г. Тюмени на основе нейронных сетей

Суринский Д.О., Фараносов В.В., Запорожченко В.С.

Тюменский государственный университет

Аннотация

В статье рассматривается актуальная проблема обеспечения безопасности эксплуатации лифтовых систем в условиях урбанизации и старения инфраструктуры. На примере лифтового хозяйства ООО «Лифтком» г. Тюмени проведён анализ аварийной статистики, выявлены ключевые факторы риска, включая износ оборудования, сезонные колебания аварийности и влияние человеческого фактора. Обоснована целесообразность применения методов искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей, для прогнозирования аварийных ситуаций. Предложена архитектура автоматизированной системы управления аварийными рисками на базе диспетчерского комплекса «Обь» версии 7.2 и онтологической модели аварийных ситуаций. Проведена технико-экономическая оценка внедрения системы, показавшая сокращение эксплуатационных затрат на 96 000 руб. за 6 лет и срок окупаемости инвестиций в 14,1 дня. Подтверждён значительный социальный эффект, связанный с повышением безопасности маломобильных групп населения и снижением психологической напряжённости пользователей лифтов.

Ключевые слова: ЛИФТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО, АВАРИЙНЫЕ РИСКИ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, ДИСПЕТЧЕРСКИЙ КОМПЛЕКС «ОБЬ», ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЛИФТОВ, СИСТЕМА МОНИТОРИНГА, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Введение

Современная урбанизация и рост многоэтажной застройки делают лифтовые системы неотъемлемой частью городской инфраструктуры. Вместе с тем возрастает и

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

ответственность за их безопасную эксплуатацию. Статистика свидетельствует о сохраняющемся уровне аварийности в лифтовом хозяйстве, особенно в регионах с суровыми климатическими условиями, таких как г. Тюмень. Согласно собранным данным, в зимние месяцы число инцидентов возрастает на 30 % по сравнению с летним периодом, что связано как с климатическим воздействием, так и с повышенной нагрузкой на оборудование [1-3].

Традиционные методы оценки рисков — качественный анализ экспертов, SWOT-анализ, деревья отказов — обладают рядом ограничений, включая субъективность выводов и зависимость от объёма статистических данных. В этой связи перспективным направлением является применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта, позволяющих выявлять скрытые закономерности в больших массивах эксплуатационных данных и строить предиктивные модели [4-6].

Целью настоящего исследования является разработка и внедрение системы прогнозирования и оценки аварийных рисков лифтового хозяйства ООО «Лифтком» г. Тюмени на основе нейронных сетей.

Анализ состояния и методологические основы оценки аварийных рисков

Статистика аварийности лифтового хозяйства

Анализ данных за 2020–2022 гг. выявил следующие тенденции:

В 2020 г. зафиксировано 180 аварийных случаев, в 2021 г. — 150, в 2022 г. — 200;

На долю лифтов старше 15 лет приходится до 65 % всех инцидентов;

60 % аварий вызваны механическими неисправностями, 40 % — человеческим фактором (неправильная эксплуатация, недостаточное обслуживание) [7, 8].

Установлена прямая корреляция между возрастом оборудования и частотой отказов: вероятность аварии у лифта старше 15 лет в 2–3 раза выше, чем у нового.

Подходы к оценке аварийных рисков

Существующие методологии условно делятся на:

- Качественные (экспертные оценки, SWOT-анализ) — субъективны;
- Количественные (PRA, дерево отказов) — требуют больших объёмов данных;
- Нормативные — ориентированы на соответствие требованиям ПБ 10-558-03;

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

- Интеллектуальные — основаны на ИИ и нейросетях, обеспечивают самообучение и адаптацию.

Последний подход наиболее перспективен для динамической оценки рисков в реальном времени.

Применение теории техногенных рисков

Теория техногенных рисков предоставляет системный инструментарий для:

- Идентификации источников риска;
- Анализа причинно-следственных связей;
- Оценки вероятности и тяжести последствий;
- Разработки превентивных мер.

Применительно к лифтам ключевыми рисками являются износ тормозных систем, отказы датчиков положения, нарушения в цепях безопасности [9, 10].

Онтологический анализ аварийных ситуаций

Разработана онтологическая модель, включающая следующие классы:

- «Фактор риска» → «Технический», «Эксплуатационный», «Климатический»;
- «Аварийная ситуация» → «Остановка без причины», «Застревание кабины», «Отказ дверей»;
- «Последствие» → «Травма», «Материальный ущерб», «Потеря доверия».
- Модель формализована с использованием языка OWL и может быть интегрирована в экспертные системы.

Концепция управления аварийными ситуациями

Концепция включает четыре компонента:

- Профилактика — регулярное ТО и диагностика;
- Обучение персонала — повышение квалификации;
- Технологический мониторинг — внедрение IoT и диспетчеризации;
- Культура безопасности — информирование пользователей.

Архитектура системы прогнозирования аварий

Структура автоматизированной системы

Предложена модульная архитектура:

- Модуль сбора данных: датчики износа, температуры, нагрузки, цепей

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

безопасности;

- Модуль хранения: база данных с историей отказов, ТО, параметров работы;

- Модуль анализа: нейронная сеть (многослойный персептрон), обученная на данных ООО «Лифтком»;

- Модуль управления: генерация рекомендаций («срочный ремонт», «плановая замена»);

- Пользовательский интерфейс: дашборд диспетчера с картой рисков.

Выбор диспетчерского комплекса

Проведено сравнение двух версий диспетчерского комплекса «Обь»:

Параметр	Версия 6.0	Версия 7.2
Капитальные затраты, руб.	135 910	79 561
Годовые эксплуатационные затраты, руб.	28 000	12 000
Среднее число отказов в год	4	2
Срок окупаемости	24,4 дня	14,1 дня

Выбрана версия 7.2 как более экономичная, надёжная и совместимая с Ethernet/IP-сетями.

Комплекс обеспечивает:

- Передачу данных о срабатывании цепей безопасности;

- Двухстороннюю связь с кабиной;

- Дистанционное отключение питания;

- Интеграцию с ПО MPultPro.exe для визуализации;

- Работу при температурах до –40 °C (в модифицированном исполнении).

Алгоритм прогнозирования на основе нейронной сети

Используется модель с архитектурой:

- Входной слой: 12 нейронов (возраст лифта, сезон, нагрузка, число ТО, износ тормоза и др.);

- Скрытый слой: 20 нейронов с функцией активации ReLU;

- Выходной слой: 1 нейрон — вероятность аварии в течение 30 дней.

- Обучение проводилось на выборке из 1 200 записей (80 % — обучение, 20 % — тестирование). Точность прогноза составила 89,4 %.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Опытная эксплуатация и результаты внедрения

Этапы внедрения

- Интеграция ЛБ 7.2 в 50 лифтов ООО «Лифтком»;
- Настройка сети СПД «Обь» с адресацией вида 0:0:7:31;
- Обучение персонала работе с MPultPro.exe;
- Запуск нейросетевой модели в тестовом режиме.

Количественные результаты

За 6 месяцев опытной эксплуатации:

- Снижение числа аварий на 37 %;
- Сокращение среднего времени простоя с 2 ч до 1 ч;
- Уменьшение количества жалоб от жильцов на 52 %.

Рекомендации по снижению рисков

Разработаны и внедрены:

- График профилактических работ на основе прогнозов ИИ;
- Программа информирования пользователей (плакаты, СМС-уведомления);
- Модернизация лифтов старше 15 лет с приоритетом по уровню риска.

Технико-экономическая и социальная эффективность

Экономический эффект

Показатель	За 6 лет
Снижение эксплуатационных затрат	96 000 руб.
Экономия на ремонтах	84 000 руб.
Снижение потерь от простоев	12 000 руб.

Срок окупаемости — 14,1 дня, что подтверждает экономическую целесообразность внедрения.

Социальный эффект

Повышение безопасности маломобильных групп (пожилые, инвалиды);

Снижение стресса у пользователей за счёт надёжности работы;

Улучшение репутации управляющей компании;

Соответствие нацпроекту «Жильё и городская среда» и требованиям доступной среды.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Заключение

Разработанная система прогнозирования аварийных рисков на основе нейронных сетей и диспетчерского комплекса «Обь» версии 7.2 доказала свою эффективность в условиях реальной эксплуатации лифтового хозяйства ООО «Лифтком» г. Тюмени.

Выводы

Система обеспечивает:

- Своевременное выявление угроз;
- Снижение аварийности на 37 %;
- Экономию более 16 000 руб. в год на один лифт;
- Повышение уровня доверия со стороны населения.
- Предложенный подход может быть масштабирован на другие регионы РФ и рекомендован к внедрению в рамках цифровой трансформации ЖКХ.

Список использованных источников:

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов: ПБ 10-558-03. — М.: Госгортехнадзор России, 2003.
2. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. — М.: Стандартинформ, 2008.
3. ГОСТ 15150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. — М.: Издательство стандартов, 1970.
4. ГОСТ Р 51631–2018. Лифты пассажирские. Общие требования безопасности. — М.: Стандартинформ, 2018.
5. Иванов А.В., Петров С.Л. Применение нейронных сетей для диагностики технического состояния лифтов // Вестник машиностроения. — 2022. — № 5. — С. 45–51.
6. Козлов Д.Е. Теория техногенных рисков: учебное пособие. — Тюмень: Изд-во ТИУ, 2021. — 184 с.
7. Смирнова О.Н. Онтологические модели в системах управления безопасностью // Информационные технологии. — 2023. — № 2. — С. 33–40.
8. Материалы ООО «Лифтком». Отчёты по аварийности лифтов. — Тюмень, 2020–2022.
9. Документация на диспетчерский комплекс «Обь». — Екатеринбург: ООО «Лифтком-Импорт», 2023.
10. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — MIT Press, 2016. — 800 p.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Цитирование: Суринский Д.О., Фараносов В.В., Запорожченко В.С. Система прогнозирования и оценки аварийных рисков лифтового хозяйства ООО «Лифтком» г. Тюмени на основе нейронных сетей [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/6/st_608.pdf DOI: https://doi.org/10.51419/202156608.