

УДК [681.39:338.1]:[697.1004.6:0014.18]

*М. А. Гришкин**

СИСТЕМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Системы отопления – один из важнейших элементов поддержания жизнедеятельности современных городов, от стабильности которого напрямую зависят задачи обеспечения национальной безопасности и социальной стабильности. В то же время эти системы функционируют в условиях значительной неопределенности, обусловленной как изменчивостью внешней среды (климатические факторы, экономические колебания), так и внутренними дестабилизирующими процессами (износ оборудования, аварии, человеческий фактор). Серьезные аварии на объектах теплоснабжения, которые регулярно происходят в зимний период, наглядно показывают, что традиционные подходы к управлению, основанные на строгих детерминированных алгоритмах и оперативном вмешательстве оператора, исчерпали свой потенциал и не способны гарантировать требуемый уровень надежности [1].

Аварии на объектах возникают по разным причинам, например, эксплуатация тепловых сетей в постоянном режиме высоких температур и давлений неизбежно приводит к старению материалов, что влияет на появление коррозии металла и увеличивает риск появления трещин [2]. Серьезную угрозу повреждения также представляют внешние факторы, которые могут возникнуть во время обслуживания труб, а также строительных и дорожных работ [2]. Кроме того, существует множество проблем, вызванных человеческим фактором: ошибки, допущенные на этапе проектирования – неправильный расчет нагрузки или выбор материалов, – являются основой для будущих аварий [2]. Во время эксплуатации могут возникать неисправности из-за неточных режимов работы (температуры и давления), настроек оборудования и несанкционированного вмешательства в систему. Этому также способствует резкое изменение климата. Сильные морозы, внезапное похолодание или

* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Информационные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «ПГТУ» В. В. Алексеева.

наводнение создают дополнительную нагрузку на теплотрассу, что может привести к повреждению и выходу системы из строя [2]. Таким образом, аварии на объектах теплоснабжения можно классифицировать по нескольким группам, которые представлены на рис. 1.



Рис. 1. Классификация аварий на объектах теплоснабжения

В связи с этим задача управления сводится к оптимизации нескольких целевых функций:

- энергоэффективность – минимизация расходов топлива и электроэнергии;
- экономика – снижение эксплуатационных затрат;
- надежность – обеспечение и поддержание качества материалов объекта;
- производственные нарушения – сокращение ошибок при эксплуатации.

Данная задача является многокритериальной, которая требует адаптивных и прогнозных методов управления в ситуациях неопределенности, что возможно решить с использованием машинного обучения.

Процесс машинного обучения основан на знаниях, которые позволяют нам выявлять ценные модели самоидентификации. Оно использует заранее подготовленные данные различных типов для самообучения, что позволяет предсказывать будущее поведение процесса или объекта. Эта дисциплина тесно связана с искусственным интеллектом, поскольку она включает общие задачи и методологические инструменты [3].

Российский рынок искусственного интеллекта демонстрирует положительный рост. В 2021 году темпы роста составили 28% и являются самыми высокими за пять последних лет. При этом темпы роста российского рынка ИИ в 2021 году в 6 раз превышают темпы роста ВВП России (рис. 2) [4].

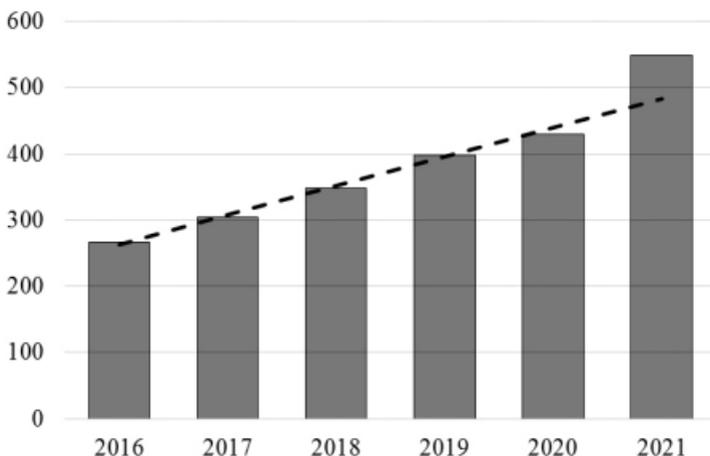


Рис. 2. Объем рынка искусственного интеллекта в России

По данным ИТ-компании Nurox за 2025 год эксперты ожидают роста до 2,1 млрд долларов, что составит 45% прироста, а к 2027 году вырастит еще больше.

В текущей реальности методы машинного обучения часто применяются в условиях нестабильной внешней среды различных сфер деятельности: в бизнесе (прогнозирование спроса, оценка кредитоспособности заемщиков), в медицине (прогнозирование заболеваний, наблюдение за пациентом), на промышленных предприятиях (оценка качества, прогноз поломки оборудования). Но, несмотря на успешный опыт в этих областях, сфера теплоэнергетики и особенно управления отопительными приборами продолжает придерживаться консервативного подхода. Традиционный подход к управлению основан на жестких графиках и реактивном реагировании на уже произошедшие события в соответствии с их потенциалом, за счет чего трудоемко противостоять сложным последствиям неопределенности.

В условиях нестабильности алгоритмы машинного обучения позволяют спрогнозировать потенциальные аварии на объектах теплоснабжения:

1. Для противодействия авариям из-за погодных условий алгоритмы искусственного интеллекта, проанализировав исторические данные потребления тепла и отрицательного воздействия разных температур на объекты, способны предсказать нагрузку на несколько часов вперед, что позволит избежать ситуации перерасхода топлива и дополнительных затрат на его закупку.

2. Чтобы избежать ошибок человеческого фактора, ML-модели способны обнаружить и предупредить оператора об аномальных сочетаниях параметров при проектировании и планировании работ на объектах, таким образом снизив часть контролирующей нагрузки с ответственного сотрудника и риск возникновения аварий.

3. Для противодействия авариям из-за износа материалов алгоритмы способны предупреждать о надвигающейся поломке в связи с окончанием срока эксплуатации, что заметно снизит затраты на преждевременную замену деталей и предупредит о надвигающемся обслуживании объекта.

4. Для предотвращения ошибок эксплуатации ML-модели способны найти неоптимальные для человека настройки системы, что позволит предотвратить некорректную ручную настройку параметров и достигнуть оптимальный уровень энергопотребления.

Машинное обучение позволяет перейти от решения отдельных задач к комплексному подходу. Он устанавливает прямую взаимосвязь между оценкой рисков и целью управления системой, что позволяет выполнять ее работу на других этапах разработки: от реагирования на результаты до предотвращения потенциальных проблем. Такой подход создает сильное влияние, которое повышает эффективность, надежность и финансовую стабильность инфраструктуры теплоснабжения.

Список литературы

1. Сазонов, В. С. Анализ причин возникновения аварий на теплоэлектростанциях / В. С. Сазонов, Д. В. Савельев // Меридиан. – 2022.
2. Гобокан, Е. Н. Аварии в системах теплоснабжения / Е. Н. Гобокан // Молодежь и системная модернизация страны. – 2024. – С. 423 – 425.
3. Арьков, В. Ю. Оценивание неопределенности в машинном обучении / В. Ю. Арьков, А. М. Шарипова, Г. Г. Куликов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2023. – С. 48 – 58.
4. Гурьянов, А. И. Анализ рынка искусственного интеллекта Российской Федерации / А. И. Гурьянов, Э. А. Гурьянова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – С. 61 – 71.

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*