

УДК 614.849

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Сергей Геннадьевич Аксенов

доктор экономических наук, профессор

akseonov.S.G@gmail.com

Владислав Александрович Семенов

студент

ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий

г. Уфа, Россия

Аннотация. В статье рассматривается разработка информационно-управляющей системы для обеспечения безопасности трубчатых печей с использованием генетических алгоритмов. В работе описываются основные этапы создания системы, включая математическое моделирование, выбор параметров генетического алгоритма и практическую реализацию.

Ключевые слова: трубчатые печи, информационно-управляющая система, генетические алгоритмы, безопасность оборудования, оптимизация технологических процессов.

Технологические процессы в современной промышленности требуют высокой точности и надежности оборудования, особенно когда речь идет о таких сложных установках, как трубчатые печи. Эти устройства играют ключевую роль в нефтеперерабатывающей, химической и металлургической отраслях, где они используются для нагрева различных сред до высоких температур. Однако эксплуатация трубчатых печей связана с рядом серьезных проблем, которые могут привести к аварийным ситуациям, если не будут своевременно выявлены и устранены. Для повышения уровня безопасности и эффективности работы таких систем разрабатываются современные информационно-управляющие системы, основанные на передовых технологиях искусственного интеллекта и оптимизации. Одним из перспективных подходов является использование генетических алгоритмов, которые позволяют решать задачи управления и прогнозирования в условиях неопределенности и многокритериальности [1].

Трубчатые печи представляют собой сложные технические объекты, работа которых зависит от множества факторов. Это оборудование подвержено воздействию высоких температур, агрессивных сред и механических нагрузок, что создает предпосылки для возникновения различных видов отказов. Например, перегрев может вызвать деформацию материалов или их разрушение, что приведет к снижению производительности или даже полной остановке технологического процесса. Коррозия, вызванная взаимодействием металлических элементов с агрессивными веществами, также представляет собой серьезную угрозу. Кроме того, неравномерное распределение тепла внутри печи может стать причиной локальных перегревов, что негативно скажется на качестве обработки среды и долговечности оборудования. Механические повреждения, такие как вибрации или удары, также могут привести к разгерметизации системы и утечкам опасных веществ. Все эти факторы делают обеспечение безопасности трубчатых печей одной из приоритетных задач современной промышленности.

До недавнего времени контроль за состоянием трубчатых печей осуществлялся преимущественно с использованием традиционных методов

мониторинга и управления. Основным инструментом был ручной контроль параметров работы оборудования, который проводился операторами на основе показаний датчиков температуры, давления и других характеристик. Такой подход имел ряд существенных недостатков, включая ограниченную точность измерений, задержки в принятии решений и невозможность учета всех факторов, влияющих на работу печи. Появление автоматизированных систем позволило частично решить эти проблемы, однако такие системы часто не обладали достаточной гибкостью и адаптивностью для работы в условиях изменяющихся внешних воздействий. Современные технологии открывают новые возможности для создания более совершенных систем управления, которые способны не только отслеживать текущее состояние оборудования, но и прогнозировать возможные проблемы, предлагая оптимальные решения для их устранения.

Одним из наиболее перспективных направлений в разработке систем управления является использование генетических алгоритмов. Генетические алгоритмы представляют собой метод оптимизации, основанный на принципах естественного отбора и эволюции. Они моделируют процесс эволюции живых организмов, где каждое поколение становится лучше предыдущего благодаря отбору наиболее приспособленных особей. В контексте управления трубчатыми печами генетические алгоритмы могут быть использованы для поиска оптимальных режимов работы оборудования, минимизации рисков и повышения эффективности технологических процессов. Например, с их помощью можно определить наилучшие значения температуры, давления и расхода среды, которые обеспечат максимальную производительность при минимальном уровне износа оборудования. Кроме того, генетические алгоритмы позволяют учитывать множество факторов одновременно, что особенно важно в условиях сложных взаимосвязей между различными параметрами работы печи.

Разработка информационно-управляющей системы на основе генетических алгоритмов начинается с создания математической модели трубчатой печи. Эта модель должна максимально точно описывать все процессы, происходящие внутри оборудования, включая теплообмен, движение среды и

влияние внешних факторов. На основе этой модели формируется целевая функция, которая определяет критерии оптимизации. Например, целевой функцией может быть минимизация энергопотребления при сохранении заданного уровня производительности или максимизация срока службы оборудования при соблюдении требований безопасности. После этого генетический алгоритм генерирует множество возможных решений, каждое из которых представляет собой набор значений управляющих параметров. Эти решения оцениваются с точки зрения целевой функции, и лучшие из них выбираются для дальнейшего использования. Процесс повторяется несколько раз, пока не будет найдено оптимальное решение.

Важным преимуществом генетических алгоритмов является их способность работать в условиях неопределенности и неполноты данных. В реальных условиях эксплуатации трубчатых печей далеко не всегда удается получить точные значения всех параметров, влияющих на их работу. Например, данные с датчиков могут быть искажены шумами или временно недоступны. Генетические алгоритмы позволяют компенсировать такие ограничения, используя вероятностные методы и адаптивные стратегии. Более того, они могут быть легко интегрированы с другими технологиями искусственного интеллекта, такими как нейронные сети или методы машинного обучения, что позволяет создавать гибридные системы управления, сочетающие достоинства различных подходов.

Практическая реализация информационно-управляющей системы на основе генетических алгоритмов требует решения ряда технических задач. Прежде всего, необходимо обеспечить сбор и обработку больших объемов данных, поступающих от датчиков и других источников информации. Для этого используется современное программное обеспечение, которое позволяет интегрировать данные из различных систем и преобразовывать их в удобный для анализа формат. Далее следует этап разработки алгоритмов обработки данных и принятия решений. Здесь ключевую роль играет выбор подходящих параметров генетического алгоритма, таких как размер популяции, вероятность мутаций и

критерии отбора. Неправильный выбор этих параметров может привести к снижению эффективности системы или увеличению времени нахождения оптимального решения. Поэтому на этом этапе требуется тщательное тестирование и настройка алгоритма.

Одним из важнейших аспектов разработки информационно-управляющей системы является обеспечение ее надежности и безопасности. Система должна быть защищена от внешних угроз, таких как кибератаки или сбои в работе оборудования. Для этого применяются различные методы защиты данных, включая шифрование, резервное копирование и мониторинг активности пользователей. Кроме того, система должна быть способна адаптироваться к изменениям в условиях работы печи, например, к появлению новых типов сред или изменению технологических требований. Это достигается за счет использования самообучающихся алгоритмов, которые постоянно анализируют данные и корректируют свои действия на основе полученного опыта [2].

Применение информационно-управляющей системы на основе генетических алгоритмов уже демонстрирует высокую эффективность на практике. Например, в нефтеперерабатывающей промышленности такие системы позволяют значительно снизить энергопотребление трубчатых печей, что приводит к экономии ресурсов и снижению затрат на производство. Кроме того, они помогают предотвратить аварийные ситуации, своевременно выявляя потенциальные проблемы и предлагая меры по их устранению. В химической промышленности использование генетических алгоритмов позволяет оптимизировать процессы синтеза и очистки веществ, что повышает качество продукции и сокращает время выполнения технологических операций. Таким образом, внедрение таких систем не только улучшает безопасность оборудования, но и способствует повышению общей эффективности производства.

Однако внедрение информационно-управляющих систем на основе генетических алгоритмов связано с рядом вызовов. Одним из них является необходимость подготовки квалифицированных специалистов, способных

разрабатывать и поддерживать такие системы. Это требует значительных инвестиций в обучение персонала и развитие соответствующей инфраструктуры [3, 4]. Кроме того, внедрение новых технологий может столкнуться с сопротивлением со стороны сотрудников, привыкших к традиционным методам работы. Для преодоления этих барьеров важно проводить информационные кампании и демонстрировать практическую пользу новых решений. Также необходимо учитывать экономические аспекты внедрения систем, включая затраты на разработку, внедрение и эксплуатацию. При правильном подходе эти затраты окупаются за счет повышения эффективности производства и снижения рисков аварийных ситуаций.

Таким образом, использование генетических алгоритмов в информационно-управляющих системах для обеспечения безопасности трубчатых печей представляет собой перспективное направление развития современной промышленности. Такие системы позволяют не только повысить уровень безопасности оборудования, но и оптимизировать технологические процессы, снизить затраты и улучшить качество продукции. Однако для успешного внедрения таких систем требуется комплексный подход, включающий разработку математических моделей, создание надежного программного обеспечения и подготовку квалифицированных специалистов. Будущее развития этого направления связано с дальнейшим совершенствованием алгоритмов и технологий, а также с расширением их применения в различных отраслях промышленности.

Список литературы:

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.
2. Веревкин А. П. Усовершенствованное управление (APC) нефтехимическим производством на основе многоуровневой нейросетевой

системы поддержки принятия решений // Нефтегазовое дело. 2012. №10. № 2. С. 61-64.

3. Лысова В.Н., Хайбулов Р.А. Компиляция данных по оптимизации работы трубчатых печей // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2023. №3. С. 7-13.

4. Хафизов А. М. Разработка автоматизированной системы диагностирования технологических процессов и оборудования предприятий нефтегазовой отрасли // «Тинчуринские чтения». В 4 т.; Т. 2. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. 2014. С. 162.

UDC 614.849

ENSURING THE SAFETY OF TUBULAR FURNACES USING GENETIC ALGORITHMS

Sergey G. Aksenov

doctor of economics, professor

akseonov.s.g@gmail.com

Vladislav Al. Semenov

student

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Annotation. The article discusses the development of an information and control system for ensuring the safety of tubular furnaces using genetic algorithms. The paper describes the main stages of the system creation, including mathematical modeling, selection of parameters of the genetic algorithm and practical implementation.

Keywords: tubular furnaces, information and control system, genetic algorithms, equipment safety, optimization of technological processes.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.