

Отзыв

официального оппонента д.т.н., доцента Обухова Артёма Дмитриевича на диссертацию Гусева Кирилла Вячеславовича «Автоматизация контроля качества нефтепродуктов для обеспечения эффективного управления технологическим процессом», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Сложность контроля качества автомобильных бензинов обусловлена разнообразием природы контролируемых величин, наличием связей между ними, а также особенностями технологий производства. Особую сложность придает то, что при контроле качества измеряются величины на пределе порога чувствительности средств измерения.

Традиционные аналитические средства контроля основаны на разных принципах, имеют ограниченные возможности применения и предназначены для использования в лабораторных условиях, что не позволяет производить автоматизированный контроль качества для обеспечения эффективного управления технологическим процессом производства автомобильных бензинов. В процессе производства на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) для контроля качества автомобильных бензинов применяются спектральные методы с применением поточных ИК-Фурье спектрометров. При использовании спектрального анализа результат измерения имеет нетривиальный вид, его интерпретация требует расшифровки, а оценка связи вида спектральной характеристики с показателями качества автомобильных бензинов требует применения сложных математических, физических, химических и физико-химических моделей.

Условия и особенности использования спектральных методов нуждаются в системном упорядочении. Повышение эффективности решений, принимаемых при оценке качества и управлении качеством автомобильных бензинов, может быть достигнуто за счет использования методов и средств искусственного интеллекта, в частности, экспертных систем и нейронных сетей.

Вместе с тем, непосредственное применение результатов известных работ для практического их применения как методологии построения специализированных экспертных систем затруднено из-за отсутствия адаптированных математических моделей, связывающих физико-химические показатели качества автомобильных бензинов с их спектральными характеристиками. Это определяет актуальность проведенных соискателем научных исследований и разработанной на их основе методики построения экспертно-нейросетевой системы (ЭНС) автоматизированного контроля качества нефтепродуктов на НПЗ по спектральным данным автомобильных бензинов с объединением экспертной и нейросетевой технологий идентификации больших данных в системе усовершенствованного управления технологическим процессом.

В первой главе диссертации соискатель проводит анализ состояния контроля качества нефтепродуктов на НПЗ в России, который позволил выявить

«узкие» места и возможные пути совершенствования системы контроля качества.

Соискатель показывает, что одной из основных сложностей в нефтехимической промышленности является управление процессами, которые имеют сложную динамику и требуют постоянного мониторинга и регулирования. Например, при переработке нефти в различные фракции, необходимо поддерживать заданные параметры, чтобы обеспечить высокую эффективность процесса и минимизировать потери.

В работе ставится цель – повышение эффективности управления технологическим процессом в части оперативности и достоверности автоматизированного контроля качества продуктов нефтеперерабатывающей промышленности. Также сформулированы задачи исследования.

Предложена модернизация системы контроля качества продуктов нефтеперерабатывающей промышленности для усовершенствования управления технологическим процессом во второй главе диссертации, которая заключается во внедрении разработанной ЭНС в состав системы поточного анализа (СПА), где на вход ЭНС подаются ИК спектры, снятые поточным анализатором, а результат работы ЭНС поступает в систему усовершенствованного управления технологическим процессом (СУУТП), что позволяет ей своевременно осуществлять автоматический контроль параметров нефтепродуктов и производить оптимальное оперативное управление. Приведена функциональная схема автоматизации с внедрением ЭНС системы фракционирования автомобильного бензина.

Разработанная ЭНС представляет собой программный комплекс, включающий три компонента: интегрированную экспертную систему (ЭС); интегрированную нейронную сеть (НС); подсистему контроля.

Первый компонент ЭС включает в себя: входной интерпретатор, необходимый для предварительной обработки спектральных данных; базу данных; базу знаний и машину логического вывода. ЭС используется для интерпретации, кластеризации (с учителем или без учителя), классификации (распознавания) данных, снижения их размерности, а также оценивания по спектральным данным сопутствующие им показатели, соответствующих объектов/процессов, породивших эти данные.

Второй компонент, которым является интегрированная НС, включает программные модули: однослойную нейронную сеть или многослойные нейронные сети. Входными данными модуля нейронной сети является вектор принадлежности больших данных к классам, реализованный на выходе интегрированной экспертной системы. Для каждого класса рассчитываются пороговые функции, исходя из максимальных значений мер сходства. На выходе сети формируются сигналы-индикаторы принадлежности исследуемых спектральных данных к соответствующему классу, обладающие большей устойчивостью к аддитивным входным помехам.

Разработана модель для идентификации микросостояний автомобильных бензинов путем оценивания совокупности значений показателей их функционально-технологических свойств по измеренному физически однородному

спектру. Рассмотрены два метода идентификации: параметрический и непараметрический.

Параметрический метод основан на представлении произвольного измеренного спектра автомобильных бензинов, находящийся в m -ом макросостоянии в виде полиномиальной регрессии. Предлагаются мероприятия для уменьшения погрешностей вычислений параметров модели.

В работе предлагается более простая непараметрическая модель, описывающая связь физико-химических показателей автомобильных бензинов, находящейся в m -ом макросостоянии, с их измеренным физически однородным спектром.

Объединение экспертной системы и нейросети в одну ЭНС даёт синергетический эффект при идентификации больших данных, например, оптических спектральных данных: снижает их размерность до размерности, определяемой небольшим числом классов; повышает правдоподобие классификации при наличии возможных помех.

Третья глава посвящена применению разработанной ЭНС технологического контроля качества нефтепродуктов на примере автомобильных бензинов по их спектральным данным с объединением экспертной и нейросетевой технологий идентификации спектральных данных в системе усовершенствованного управления технологическим процессом на конкретном примере.

Эксперименты показали, что рассмотренные соискателем однослойная и многослойная нейронные сети классифицируют неизвестные ИК-спектры с высокой степенью правдоподобия: ИК-спектр автомобильного бензина определенной марки с вероятностью 99% и 100% соответственно. Это говорит о том, что для многих задач идентификации больших данных вполне достаточно использования интегрированных экспертных систем и однослойных нейронных сетей.

Эффективность внедрения разработанной ЭНС была проверена с помощью программно-вычислительного комплекса оценки качества производственных процессов «Своевременность». Расчеты проводились для двух случаев, до внедрения ЭНС и после внедрения ЭНС.

Полученные результаты показывают, что внедрение в автоматизированный контроль качества нефтепродуктов разработанной ЭНС выводит управление технологическим процессом на новый уровень.

В главе 4 приводится программная реализация ЭНС для автоматизированного контроля качества автомобильных бензинов. Рассмотрены программные компоненты и библиотеки, вошедшие в состав разработанной ЭНС. Сконфигурирована нейронная сеть для повышения правдоподобия классификации автомобильных бензинов. Проработан и реализован пользовательский интерфейс для взаимодействия с ЭНС, включающий страницы выбора спектров для проверки, оценки октанового числа неизвестного спектра и вывода результатов работы алгоритма. А также разработан интерфейс администратора ЭНС, предоставляющий администратору системы следующие возможности: добавление спектра в базу данных, определение неизвестного спектра из файла по имеющимся эталонным спектрам в базе данных, загрузка его из базы данных,

изменение данных загруженного спектра, определение его по имеющимся эталонным, удаление спектра, просмотр его значений.

Программная реализация интегрированной ЭНС автоматизированного контроля качества нефтепродуктов показала высокую производительность на практике при внедрении в систему управления технологическим процессом для повышения эффективности в части оперативности и достоверности автоматизированного контроля качества автомобильных бензинов.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

В приложениях приведено описание процесса автоматизации стабилизации и фракционирования бензиновых фракций с внедрением экспертно-нейросетевой системы и описание программного кода экспертно-нейросетевой системы.

Тема диссертации «Автоматизация контроля качества нефтепродуктов для обеспечения эффективного управления технологическим процессом» является актуальной, в ней изложены научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в повышение эффективности управления технологическим процессом в части оперативности и достоверности автоматизированного контроля качества продуктов нефтеперерабатывающей промышленности.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность подтверждается корректным использованием основных положений теории систем, в частности, синтеза сложных систем, теории вероятностей и математической статистики, теории спектрального анализа, теории управления, теории моделирования, теории информации, экспертных систем и нейронных сетей, а также практикой создания и внедрения прототипов ЭНС в ряде организаций: РТУ МИРЭА, НТЦ УП РАН, ИНХС РАН, АО «ИНХП», ООО «Славянск ЭКО».

Научная новизна заключается в модернизации функциональной схемы автоматизации производства автомобильного бензина с внедрением в неё ЭНС контроля качества; в разработке методики построения ЭНС автоматизированного контроля качества нефтепродуктов на НПЗ по спектральным данным автомобильных бензинов с объединением экспертной и нейросетевой технологий идентификации больших данных в системе усовершенствованного управления технологическим процессом; в разработке структуры ЭНС идентификации больших данных в системе усовершенствования управления технологическим процессом.

Основные результаты диссертации представляют собой способ модификации системы контроля качества продуктов нефтеперерабатывающей промышленности для усовершенствования управления технологическим процессом; методику построения ЭНС технологического контроля качества автомобильных бензинов по их спектральным характеристикам с объединением экспертной и нейросетевой технологий идентификации больших данных в системе усовершенствованного управления технологическим процессом; про-

граммное обеспечение ЭНС технологического контроля качества нефтепродуктов, защищённое двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Применение поточных ИК-Фурье спектрометров и ЭНС позволило повысить достоверность и оперативность контроля качества автомобильных бензинов в процессе их производства.

Содержание диссертации опубликовано в рецензируемых научных изданиях и апробировано на международных, Всероссийских научно-технических конференциях.

Автореферат достоверно отражает основное содержание диссертации.

По диссертации имеется ряд замечаний:

1. Автор неоднократно упоминает термин «повышение правдоподобия классификации», но конкретной формулы или определения данному понятию в тексте не приводится. Так нет конкретного расчета, насколько дополнительная нейронная сеть улучшает данный показатель.
2. В тексте диссертации периодически встречаются неточности при употреблении терминов машинного обучения. Кластер и класс не являются синонимами (страницы 28, 29, 48, 55, 57 и т.д.), а кластеризация является только обучением без учителя (страница 27), иначе это классификация.
3. На странице 28 диссертации вызывает вопрос упоминание терминов «многослойная нейронная сеть ближайших соседей» и «многослойная нейронная сеть центроидов классов». Так как речь идет об алгоритмах машинного обучения, а не нейронных сетях, данное сочетание не совсем корректно.
4. На странице 29 диссертации стоило бы конкретно указать, что какие данные будут формироваться на выходе нейронных сетей.
5. При интеграции нейронных сетей в ЭНС автор опирается на существующие модели, представленные в работах Краснова А.Е. С учетом полученной точности (99-100%) это не является проблемой, однако стоило бы рассмотреть и альтернативные архитектуры или более простые модели машинного обучения (логистическая регрессия, дерево решений, случайный лес и так далее).
6. Рисунок 3.8 (страница 58) диссертации содержит опечатку, так как на выходе нейронной сети должен быть второй класс, а не третий.
7. С учетом того, что представленные в третьей главе нейронные сети были в дальнейшем реализованы на Java (четвертая глава диссертации), имело смысл показать процесс обучения сетей в разделе 3.2 именно на финальной версии программного обеспечения, а не на его ранней версии.
8. К сожалению, в рамках практической реализации не были представлены эксперименты на авторских моделях нейронных сетей на тренировочных и тестовых данных с указанием полученной точности.

Тем не менее, приведенные замечания не умоляют научную ценность и практическую значимость диссертации. Она соответствует требованиям пп. 9 – 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Гусев Кирилл Вячеславович достоин присуждения ему степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Официальный оппонент

Доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», ведущий научный сотрудник НИЛ «Лаборатория медицинских VR тренажерных систем для обучения, диагностики и реабилитации» управления фундаментальных и прикладных исследований

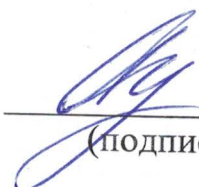
Тел.: +7 (915) 867-69-15

e-mail: obuhov.art@gmail.com

Адрес: 392000, Тамбов, Советская, 106/5, помещение 2

Научная специальность, по которой присуждена степень доктора технических наук:

2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации»


(подпись)

03.12.2024
(дата)

Обухов Артём Дмитриевич

М.П.



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГТУ


Г.В. Мозгова
03 » декабря 2024 г.