

ГОЛОВИНА ЕВГЕНИЯ СЕРГЕЕВНА

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДИКИ
ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЦЕХА
КОМПАУНДИРОВАНИЯ БЕНЗИНОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО
ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА**

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Самара – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на кафедре обработки металлов давлением.

**Научный
руководитель:**

Хаймович Ирина Николаевна

доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», кафедра обработки металлов давлением, профессор

**Официальные
оппоненты:**

Пантюхин Олег Викторович,

доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», кафедра промышленной автоматизации и робототехники, профессор;

Полякова Марина Андреевна,

доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра технологии обработки материалов, профессор.

Ведущая организация:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Казанский национальный исследовательский технологический университет**», г. Казань.

Защита состоится «15» ноября 2023 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.379.05 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С материалами диссертации можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» и на сайте https://ssau.ru/files/resources/dis_protection/Golovina_E_S_Razrabotka_modelej_i_metodiki.pdf.

Автореферат разослан «_____» _____ 2023г.

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.379.05,
доктор технических наук, доцент

Ерисов Я.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современные тенденции развития нефтеперерабатывающих предприятий тесно связаны с необходимостью постоянной оптимизации производства и повышения экономической эффективности. Ужесточение контроля качества товарных нефтепродуктов диктует необходимость проведения оптимизационных работ на нефтеперерабатывающих предприятиях. Автомобильный бензин является одним из основных товарных продуктов, выпускаемых нефтеперерабатывающим заводом (НПЗ), и получается путем компаундирования компонентов, произведенных на технологических установках предприятия, поэтому цех компаундирования бензинов должен быть также включен в процесс оптимизации. Процесс компаундирования бензинов осложняется тем, что подбор рецептуры смешения (объемы вовлекаемых в смешение компонентов) для получения смеси, соответствующей требованиям ГОСТ и ТУ, связан со значительным числом контролируемых показателей качества и их неаддитивностью.

На рынке современных информационных систем предлагаются программные продукты, позволяющие выполнить расчеты календарных графиков компаундирования и первичных рецептур смешения, однако в их составе отсутствует в явном виде такое понятие как комплексный показатель качества и возможность оптимизации качественных показателей смесей в комплексе с экономическими показателями предприятия. В основном, производителями таких систем являются иностранные компании. Стандартом для оптимизации организации производственных цехов является применение имитационного моделирования, которое можно провести при помощи программных продуктов как отечественного, так и иностранного производства. Однако в силу специфики цеха компаундирования бензинов имитационное моделирование стандартными средствами не дает должных результатов. Дополнительно стоит отметить, что в условиях неблагоприятной конъюнктуры применение зарубежного оборудования и программных средств становится невозможным.

Таким образом, создание моделей и методик проектирования, функционирования и математического моделирования оптимальных организационно-технических структур цехов с адаптацией к условиям использования комплексного показателя качества становится актуальной научно-технической темой исследования.

Степень разработанности темы. В настоящее время процесс организационного управления процессом компаундирования бензинов на уровне цеха изучен и математически формализован недостаточно полно. В первую очередь, это связано с недостаточностью формализации процесса функционирования цеха как объекта управления в разрезе достижения стандартов качества продукции. Существующие в настоящее время подходы и методы данной проблемы носят общий характер.

Применяемые на сегодняшний день стандартные модели управления цехами компаундирования регламентированы информационной моделью ERP, охватывающей все нефтеперерабатывающее предприятие, при этом в моделях

отсутствует формализация производственных и технологических процессов в цехе, направленных на оптимизацию качества выпускаемой продукции. Эти ограничения не позволяют сформировать модели организационного управления, адекватными современным требованиям к производственному процессу компаундирования.

Большой вклад в теорию организации и оптимизации процессов производственных систем в промышленности и нефтепереработке внесли Аносов А.А., Дозорцев В.М., Алаторцев Е.И., Хаймович И.Н., Мусаев А.А., Лисицын Н.В., Li J., DeWitt C.W., Mendez C.A., Castillo-Castillo P.A., Тархтенгерц Э.А. и др. Вопросами информационно-измерительных систем для контроля качества топлив посвящены работы Астапова В.Н., Скворцова Б.В., Арвикар К.Дж., Астром Т., Сусарева С.В., Дрогова С.В., Бочарова В.Н., Ardila J.A., Djukanovic M., Голованова Ю.В., Пискунова И.В. и других ученых. Исследованиям математического аппарата в области прогнозирования качества компаундированных смесей посвящены работы Горбунова С.С., Сизикова А.П., Кувыкина В.И., Иванчиной Э.Д., Смышляевой Ю.А., Daly Sh.R., Voigt M., Cooper J.B., Flecher Ph.E., Welch S.A., Singh A. и др.

Наиболее эффективные решения для управления цехом компаундирования с контролем качества продукции предложены разработчиками программного обеспечения AspenTech, Honeywell, AVEVA Group plc, ABB, Haverly Systems, ООО «МЦЭ-Инжиниринг».

Целью исследования является повышение результативности производственных процессов в цехе компаундирования бензинов за счет математического моделирования организации производства в цехе с учетом комплексного показателя качества и имитационного моделирования принимаемых технологических решений.

Достижение поставленной цели предполагает формулировку и последовательное решение *следующих задач*:

– проведение анализа существующих моделей и методик организации производственных систем в цехе, которые нашли применение в производстве в процессах компаундирования бензинов на предприятиях нефтеперерабатывающего профиля, выявление основных проблем организации данных процессов на цеховом уровне;

– обоснование подхода и разработка методики структурного анализа и интеграции технологических, производственных и информационных элементов производственной системы (ПС) с учетом комплексного показателя качества для создания формализованной модели организации производственного процесса компаундирования бензинов;

– формирование модели организации производственных процессов цеха компаундирования бензинов для их автоматизации в процессе получения продукции, уменьшения задержки во времени для контроля качества смеси и уменьшения количества потерь времени производства по «узким» местам на предприятиях нефтеперерабатывающего профиля;

– формирование концептуального управленческого решения, позволяющего адекватно учитывать все параметры производственной системы

для ликвидации потерь качества выпускаемой продукции путем выявления всех формализованных параметров технологического процесса производства бензинов на уровне цеха;

– разработка имитационной модели рациональной работы цеха по принятому управленческому решению в процессах компаундирования бензинов на предприятиях нефтеперерабатывающего профиля;

– проведение апробации разработанной имитационной и оптимизационной модели для действующего производства.

Объект исследования: организация производственной системы цеха с учетом контроля и оптимизации качества производимой продукции.

Предмет исследования: механизмы формирования и использования цеховых производственных ресурсов.

Область исследования соответствует п. 5 «Методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством»; п. 9 «Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов»; п. 13 «Научные основы цифровых, автоматизированных комплексных систем управления производством и качеством работ на базе технических регламентов и стандартов» паспорта специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Методы и подходы исследования. Решение поставленных задач проведено на основе современных научно-теоретических и практических подходов к организации процессов производственных систем в промышленности, теории систем, процессного подхода к управлению, принципов управления качеством, методологии моделирования производственных процессов. Обработка данных, получаемых в результате математического и имитационного моделирования, производилась с использованием математического аппарата программного продукта MS Excel.

Научная новизна диссертационной работы определяется следующими положениями:

– обоснован подход к созданию формализованной модели организации производственных процессов в цехе на основе подбора рецептуры, отличающийся тем, что впервые формализовано решена задача интеграции структур технологических, организационных и информационных процессов на основе октанового числа и плотности смеси в процессах компаундирования бензинов на предприятиях нефтепереработки (п. 5 паспорта специальности 2.5.22);

– разработана методика структурного моделирования материальных и информационных ресурсов в цехе, отличающаяся тем, что впервые математическая модель производственного процесса цеха, основывающаяся на комплексном показателе качества процесса компаундирования бензинов, отражает особенности отклонений при взаимодействии ресурсов и качественно (октановое число, плотность), и количественно (объемы) (п. 9 паспорта специальности 2.5.22);

– разработан математический аппарат организации ПС в цехе, в основе которого лежит оптимизация подбора насосного оборудования и планировки цеха, позволяющая реализовать комплексное управленческое решение по рационализации производственных факторов в явной форме, отображающее все воздействия при изменении технологического процесса в цехе (п. 13 паспорта специальности 2.5.22);

– разработана имитационная модель управленческого решения, позволяющая повысить результативность технологических процессов в процессах компаундирования бензинов на предприятиях нефтеперерабатывающего профиля на цеховом уровне за счет уменьшения потребления ресурсов, включая дорогостоящие компоненты смешения и электроэнергию, и, как следствие, сокращение себестоимости продукции без потери качества продукции в рамках информационно-имитационной модели (п. 13 паспорта специальности 2.5.22).

Теоретическая значимость работы. Предложен подход к созданию формализованной модели организации производственных процессов в цехе на основе подбора рецептуры, отличающийся тем, что впервые формализовано решена задача интеграции структур процессов на основе октанового числа и плотности смеси в процессах компаундирования бензинов на предприятиях нефтепереработки. Разработана методика структурного моделирования материальных и информационных ресурсов в цехе, отличающаяся тем, что впервые математическая модель качественно и количественно отражает особенности отклонений при взаимодействии ресурсов. Разработан математический аппарат организации производственных систем в цехе, позволяющий оптимизировать подбор насосного оборудования и планировку цеха, что дает возможность реализовать комплексное управленческое решение по рационализации производственных факторов. Разработана имитационная модель управленческого решения, а также программное обеспечение, позволяющее повысить результативность технологических процессов компаундирования бензинов.

Практическая значимость работы определяется реализованной оптимизацией участка компаундирования автомобильных бензинов товарно-сырьевого цеха на предприятии АО «Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод», а также возможностью применения разработанных моделей и методики на отечественных нефтеперерабатывающих предприятиях, имеющих в корзине выпускаемой продукции автомобильные бензины.

Практические решения, разработанные автором, зарегистрированы в виде программы для ЭВМ «Имитационная модель цеха компаундирования бензина» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022680985 от 09.11.2022 г.).

Положения, выносимые на защиту:

1. Формализованный подход к построению интегральной модели ПС с последовательно-параллельной организацией на основе подбора рецептуры смеси в процессах компаундирования бензинов на уровне цеха.

2. Математическая модель организации ПС с учетом комплексного показателя качества, обеспечивающая максимальную загрузку оборудования на каждой операции.

3. Метод структурного анализа и интеграции технологических процессов и элементов ПС в условиях нефтепереработки на основе объединения качественных (октановое число, плотность) и количественных (объем) характеристик.

4. Модель организации производственных процессов в цехе с учетом «узких» мест, основанная на моделировании работы элементов ПС с учетом оптимизации насосного оборудования и планировки цеха.

5. Алгоритм организации рациональной работы цеха компаундирования бензинов с учетом комплексного показателя качества смеси и ликвидации «узких» мест на основе прогнозного концептуального управленческого решения.

Степень достоверности и обоснованности научных положений диссертационной работы обусловлена корректным применением методов теории организационного управления (производственного менеджмента), методов структурного моделирования, методов параметрического анализа показателей промышленных предприятий. Научные результаты не противоречат известным результатам, опубликованным в специальной литературе.

Достоверность предложенных решений подтверждается также положительным экономическим эффектом от их внедрения в систему управления цехом компаундирования товарных топлив АО «Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод».

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования обсуждались на Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций», 21-23 апреля 2020 года, г. Самара; Научно-практической конференции «Актуальные задачи нефтегазохимического комплекса», 19-20 ноября 2020 года, г. Москва; 7-й ежегодной конференции «Даунстрим Россия 2021», 2-4 марта 2021 года, г. Краснодар; III Международной конференции «Метрологическое обеспечение инновационных технологий» («International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies» ICMSIT-III-2022), 3-5 марта 2022 года, г. Санкт-Петербург.

Публикации. По теме исследования опубликовано 14 научных работ, из них 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; 5 статей в научных изданиях, индексируемых базой Scopus; 6 статей в материалах других журналов и научно-практических конференций; свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (авторский вклад объемом 1,61 п.л.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем работы – 146 страниц, включая 64 рисунка, 10 таблиц, 1 приложение, список литературы из 133 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность поставленных задач, раскрываются базовые определения и понятия, используемые в работе, определяются принципы формирования системного подхода для теоретического и практического исследования выявленной проблемы, определяется научная новизна и практическая значимость.

В первой главе анализируются модели и методики построения ПС цехов компаундирования бензинов в современных условиях нефтеперерабатывающих предприятий. Отмечается, что задача оптимизации работы НПЗ может быть решена путем формирования имитационной модели предприятия, включающей в себя информацию о взаимодействии отдельных технологических установок и цехов, расстановке и свойствах оборудования, а также данные, поступающие от интеллектуальных систем управления технологическими процессами, процессами распределения и планирования. Выполнен обзор методик и автоматизированных систем оптимизации процесса смешения нефтепродуктов. Анализ специализированных программных продуктов, направленных на составление расписания компаундирования и составление рецептуры, показывает, что в них нет возможности провести оптимизацию производства в цехе с учетом одновременного применения критериев качества получаемой продукции и экономической составляющей. В результате проведенного анализа программных продуктов, направленных на создание имитационных моделей, можно сделать вывод о том, что, несмотря на широкую направленность имеющихся систем имитационного моделирования, в полной мере провести моделирование цеха компаундирования бензинов не представляется возможным.

Таким образом, создание интегрированного программного продукта, направленного на решение задачи оптимизации цеха компаундирования бензинов, лишенного указанных недостатков, является актуальной задачей.

Во второй главе приведен разработанный формализованный подход к построению интегральной модели ПС с последовательно-параллельной организацией на основе подбора рецептуры смеси в процессах компаундирования бензинов на уровне цеха. Разработан комплексный показатель качества смеси и основанный на нем математический аппарат автоматизированного расчета рецептуры компаундирования. Разработана имитационная и оптимизационная модели, включающая математический аппарат и комплексный показатель качества смеси, позволяющая выполнить оптимальную организацию ПС цеха компаундирования топлив с учетом загрузки оборудования и оптимизации планировки цеха.

Проведен анализ всех показателей качества, контролируемых в процессе компаундирования бензинов, приведены формулы для вычисления показателей качества смеси на основании данных об объемах смешиваемых компонентов и их показателей качества, разработанные в специальной литературе. Для целей разработки автоматизации концептуального управленческого решения для оптимизации работы цеха приняты следующие формулы вычисления качественных показателей смеси.

Октановое число, являющееся показателем, характеризующим детонационную стойкость топлива, является не аддитивным по составу смеси. Относительно точный расчет может быть проведен на основании подробной информации по углеводородному составу смеси, но проведение такого расчета многократно итерационным способом не представляется возможным в условиях действующего производства. Для целей упрощения расчета в рамках моделирования применена формула:

$$\Omega_{\text{см}} = \frac{\sum m_i \cdot \Omega_i}{\sum m_i} + \alpha, \quad (1)$$

где $\Omega_{\text{см}}$ – октановое число смеси, i – номер компонента, вовлекаемого в компаундирование, Ω_i – октановое число i -го компонента, ед., m_i – масса i -го компонента, вовлеченная в компаундирование, кг, α – поправочный коэффициент.

Для целей моделирования применена формула расчета давления насыщенных паров (давления, развиваемого парами, находящимися над жидкостью в условиях равновесия при определенной температуре) с использованием индексов смешения:

$$P = \left(\frac{\sum P_i^{1,25} \cdot V_i}{\sum V_i} \right)^{1/1,25}, \quad (2)$$

где P – общее давление насыщенных паров смеси, P_i – давление насыщенных паров компонентов при заданной температуре, кПа, V_i – объем i -го компонента, вовлеченный в компаундирование, м³.

Остальные показатели качества можно условно принять аддитивными по массе. В производственном процессе добавляется фактор себестоимости каждого из компонентов, применяемого при компаундировании, а также ограничения по вовлечению в компаундирование определенных объемов произведенных компонентов. Автором разработан комплексный показатель качества компаундирования бензина, определяемый по формуле:

$$k = \frac{\left| \frac{\sum V_i \rho_i}{\sum V_i} - \rho_{\text{мин}}^{\text{ГОСТ}} \right| + \left| \frac{\sum V_i \rho_i}{\sum V_i} - \rho_{\text{макс}}^{\text{ГОСТ}} \right|}{100} + \left| \frac{\sum V_i \cdot \rho_i \cdot \Omega_i}{\sum V_i \cdot \rho_i} + \alpha - \Omega^{\text{ГОСТ}} \right|, \quad (3)$$

где в дополнение к предыдущим обозначениям ρ_i – плотность i -го компонента при 15°C, кг/м³; $\rho_{\text{мин}}^{\text{ГОСТ}}$, $\rho_{\text{макс}}^{\text{ГОСТ}}$ – минимально и максимально допустимое значение плотности товарного бензина при 15°C в соответствии с ГОСТ или ТУ, кг/м³; $\Omega^{\text{ГОСТ}}$ – октановое число товарного бензина в соответствии с ГОСТ или ТУ, ед.

Отмечается, что автомобильный бензин и компоненты, из которого он готовится путем компаундирования, проходят периодический лабораторный контроль, который может занимать длительное время. Для возможностей проведения большего числа замеров в единицу времени могут быть дополнительно применены поточные анализаторы качества. Применение комплексного показателя качества смеси, разработанного автором, позволяет перевести данные, получаемые от поточных анализаторов качества, из набора количественных значений в качественный показатель смеси. Широкая вариативность промышленных поточных анализаторов качества позволяет

реализовать данную цепочку непосредственно в производственном процессе нефтеперерабатывающего завода.

При автоматизированном подборе рецептуры компаундирования предложено проводить оптимизацию целевой функции Ψ до минимума по формуле (4) в соответствии с ограничениями (5):

$$\Psi = k + \frac{\sum Z_i \cdot V_i \cdot \rho_i}{10^n}, \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum V_i = V_{\text{цель}}; \\ \rho_{\text{мин}}^{\text{ГОСТ}} \leq \frac{\sum V_i \cdot \rho_i}{\sum V_i} \leq \rho_{\text{макс}}^{\text{ГОСТ}}; \\ \frac{\sum V_i \cdot \rho_i \cdot \Omega_i}{\sum V_i \cdot \rho_i} + \alpha \geq \Omega^{\text{ГОСТ}}; \\ P_{\text{мин}}^{\text{ГОСТ}} \leq \frac{\sum V_i \cdot P_i}{\sum V_i} \leq P_{\text{макс}}^{\text{ГОСТ}}; \\ V_j \geq V_j^{\text{мин}}; \\ V_m \leq V_m^{\text{макс}}. \end{array} \right. \quad (5)$$

Здесь в дополнение к предыдущим обозначениям: Z_i – себестоимость i -го компонента, руб./т; n – число разрядов в результате вычисления $\sum Z_i \cdot V_i \cdot \rho_i$; $V_{\text{цель}}$ – целевой объем товарного бензина, получаемого в процессе компаундирования, м³; j – номер компонента компаундирования, вовлечение которого необходимо максимизировать (опционально); $V_j^{\text{мин}}$ – минимально необходимый объем j -го компонента для вовлечения в компаундирование; m – номер компонента компаундирования, вовлечение которого необходимо минимизировать (опционально); $V_m^{\text{макс}}$ – максимально допустимый объем m -го компонента для вовлечения в компаундирование. В качестве начальных условий для решения задачи оптимизации предлагается принимать рецептуру из технологического регламента, принятого на НПЗ.

На отечественных нефтеперерабатывающих предприятиях чаще всего применяется стандартная схема компаундирования с циркуляционным смешением (рисунок 1). При такой схеме технологический персонал производит установку величины подачи насосов, контролирует процесс накопления резервуаров. Ряд технологических операций производится вручную. Готовая смесь проверяется в заводской лаборатории на соответствие требованиям ГОСТ или ТУ и, в случае не достижения целевых показателей, производится перерасчет рецептуры и вычисление объемов добавления компонентов, после чего персонал цеха компаундирования организывает домешивание.

Разработанный автором комплексный показатель качества смеси, позволяет перейти к методу структурного анализа и интеграции элементов производственной системы, заключающийся во внедрении на НПЗ технологической схемы он-лайн компаундирования (рисунок 2) с применением поточного смешения и поточных анализаторов качества компонентов и продукции. Особенностью схемы №2 является возможность ежеминутной корректировки рецептуры смешения в автоматизированном режиме, а не по факту его завершения, что было бы не

возможно без наличия комплексного показателя качества смеси. В целом организация производства при реализации технологической схемы компаундирования №2 представляется более ритмичной с равномерно распределенными нагрузками на персонал. Для реализации схемы он-лайн смешения необходим подбор оборудования цеха в дополнение или на замену существующего, при этом возможна оптимизация конфигурации или нагрузки насосного оборудования за счет подбора типоразмеров насосов в соответствии с планируемой рецептурой.

Имитационная модель была реализована как пошаговый расчет процесса с накоплением необходимых данных (а именно – накопленные объемы жидкости в резервуарах, накопленная электроэнергия, затраченная каждым видом электромеханического оборудования) относительно временной шкалы. Целью построения имитационной модели ПС цеха компаундирования товарных бензинов является исследование влияния выбора технологического процесса, подбор параметров насосного оборудования на повышение результативности технологических процессов.

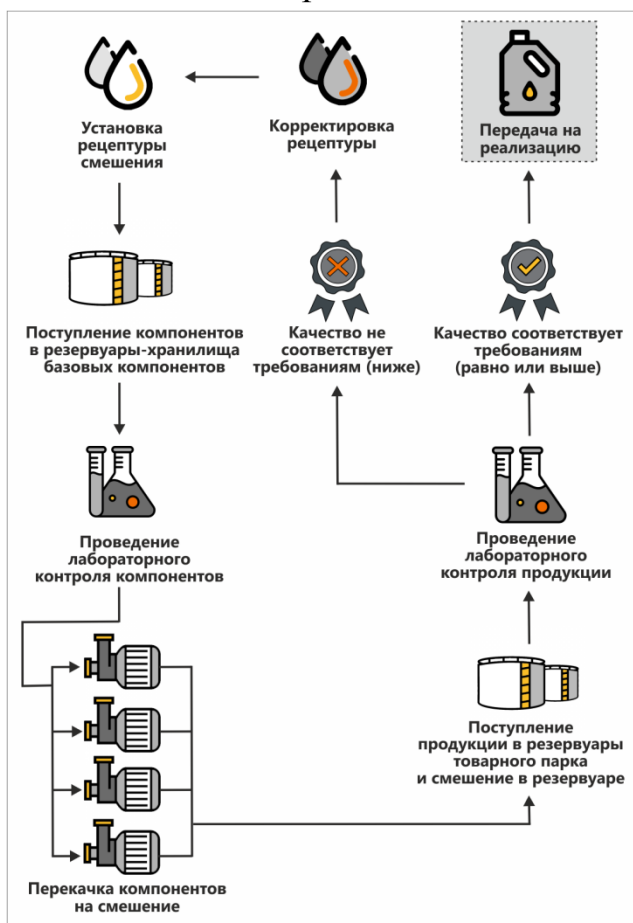


Рисунок 1 – Графическая схема технологического процесса компаундирования по схеме №1 (циркуляционное смешение)

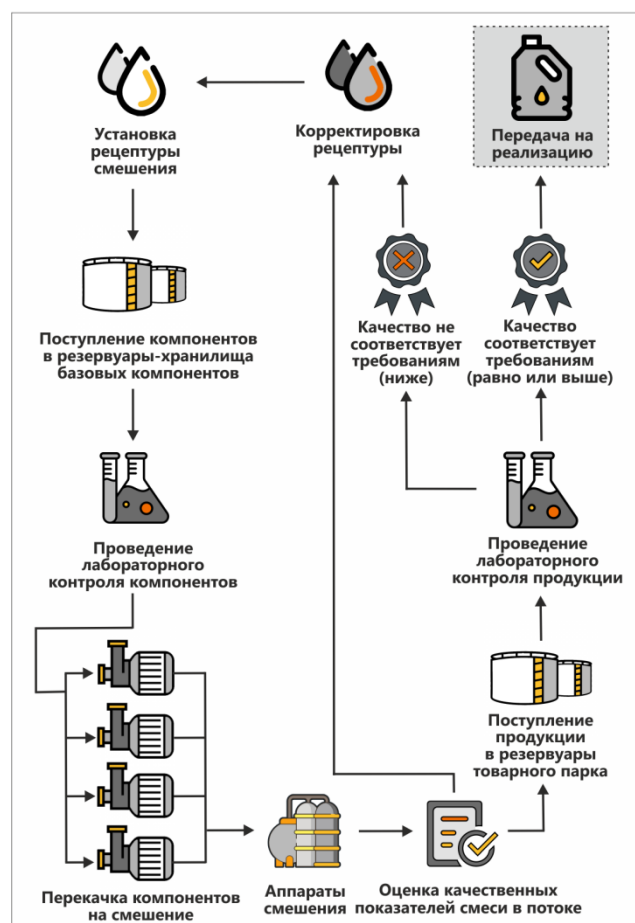


Рисунок 2 – Графическая схема технологического процесса компаундирования по схеме №2 (поточное смешение)

В имитационную модель заложены стохастические элементы для возможности реализации несовершенства применяемых технологических схем, а именно случайный выбор из заданного диапазона объема домешивания

компонентов для схемы №1 и случайный выбор из заданного диапазона получаемого значения октанового числа смеси для проведения корректировки рецептуры для схемы №2.

В качестве целевой функции оптимизационной модели рассматривается условный доход предприятия S - отношение разности стоимости товарной продукции и понесенных затрат на компоненты и электроэнергию, нормированное на итоговый объем товарной продукции и время её приготовления, рассчитываемый по формуле:

$$S = \frac{V \cdot Z - \sum V_j \cdot Z_j - E}{W \cdot t} \quad (6)$$

где в дополнение к предыдущим обозначениям: t - итоговое время приготовления топлива, мин; V - объем подготовленного к реализации товарного бензина за время t , м³; Z - стоимость товарного бензина в период производства, руб/м³; E - затраты на оплату электроэнергии за период приготовления топлива, руб.

В третьей главе описан разработанный алгоритм, позволяющий принимать решения по оптимизации компонентного состава для целей применения в технологии производства автомобильного бензина, а также разработанный на его базе алгоритм принятия концептуального управленческого решения по оптимизации загрузки технологического оборудования.

Автором разработана программа «Имитационная модель цеха компаундирования бензина» при помощи языка программирования VBA. Блок-схема взаимодействия пользователя с программным модулем оптимизации рецептуры смешения представлена на рисунке 3, внешний вид программного модуля представлен на рисунке 4.

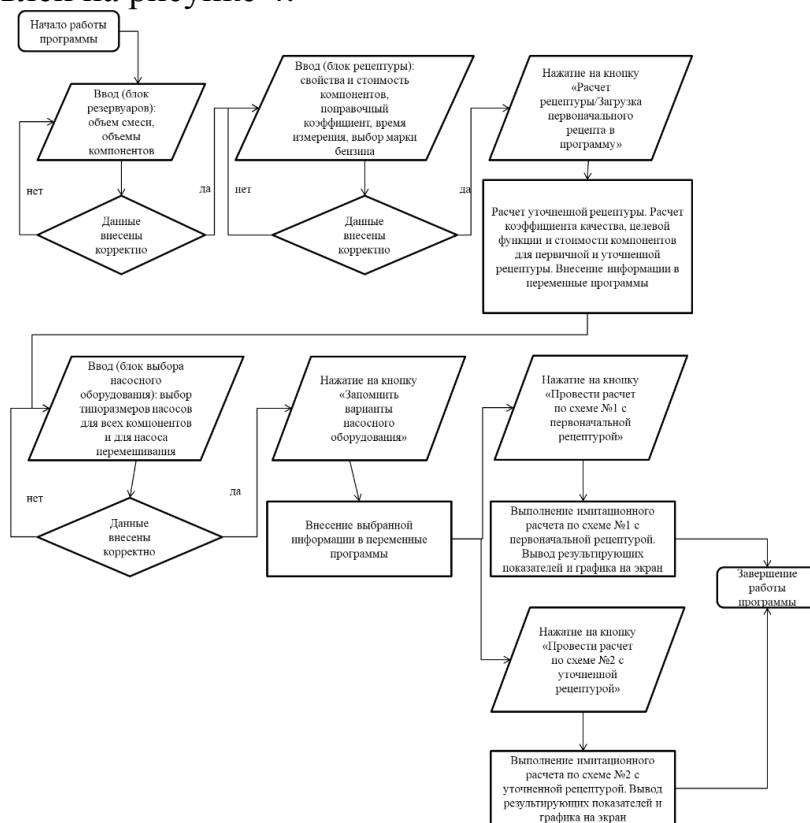


Рисунок 3 – Блок-схема взаимодействия пользователя с программным модулем оптимизации рецептуры смешения

В четвертой главе описаны методические подходы к реализации имитационной модели на конкретных производствах. Показано, что применение предложенного метода структурного моделирования ресурсов в цехе на основе комплексного показателя качества процесса компаундирования бензинов позволяет оптимизировать рецептуры компаундирования с учетом сокращения суммарной себестоимости вовлекаемых компонентов до 1,5%. В части реорганизации цеха компаундирования бензинов за счет внедрения автоматической станции смешения с применением поточных анализаторов качества одновременно с применением методологии управления качеством продукции, реализация предложенных мероприятий позволят повысить условную прибыль при компаундировании в расчете на тонну автомобильного бензина на сумму до 4%.

Приведены результаты апробации имитационной модели цеха компаундирования на действующем производстве АО «Куйбышевского НПЗ». На основании примера расчета для конкретной партии бензина получено, что за счет уточнения рецептуры смешения и за счет применения схемы смешения в потоке (схема №2) октановое число по исследовательскому методу ближе к требуемому (92,08 против 93,50 при расчете по схеме смешения №1), комплексный коэффициент качества так же ближе к идеальному варианту (0,55 против 2,05 в схеме №1), целевая функция так же лучше (0,91 против 2,42, целевая функция стремится к минимуму). Все эти факторы дают лучший результат по условной прибыли предприятия.

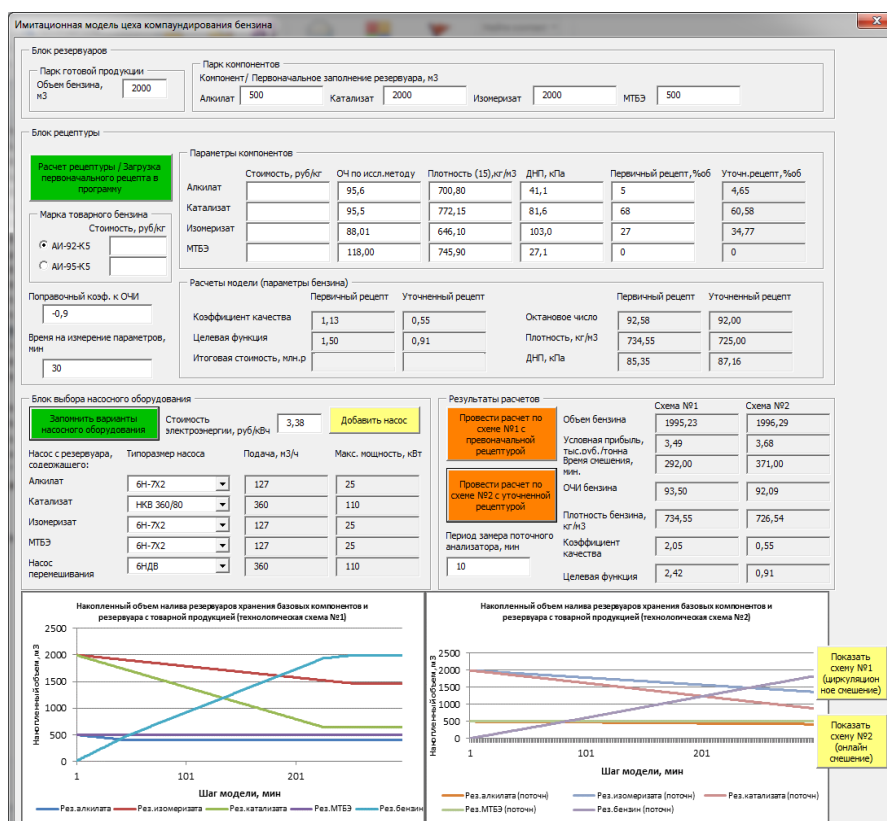


Рисунок 4 – Внешний вид программного модуля оптимизации рецептуры смешения автомобильных бензинов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационного исследования были получены следующие результаты и сделаны выводы.

1. Проведен анализ существующих моделей и методик организации ПС цехов компаундирования бензинов, которые нашли применение в организации производства в рамках внедрения системы управления качеством продукции предприятий нефтеперерабатывающего профиля, что позволило выявить основные проблемы организации в данных условиях на цеховом уровне, связанные с отсутствием возможности автоматизированного контроля показателей качества продукции, неоптимальным применением технологического оборудования и трудовых ресурсов.

2. Обоснован подход к построению интегральной модели ПС с последовательно-параллельной организацией на основе подбора рецептуры смеси в процессах компаундирования бензинов на уровне цеха, с учетом комплексного показателя качества для создания формальной модели организации производственного процесса, учитывающей узел оптимизации рецептуры компаундирования и загрузку технологического оборудования на каждой операции.

3. Сформирована модель структурного анализа и интеграции технологических процессов и элементов ПС в условиях нефтепереработки на основе объединения качественных (октановое число, плотность) и количественных (объем) характеристик. Разработанная модель производственных процессов в цехе учитывает «узкие» места в цехе и позволяет моделировать работу элементов ПС с учетом оптимизации насосного оборудования и планировки цеха.

4. Сформировано концептуальное управленческое решение для оптимизации работы цеха на основе прогнозной модели функционирования цеха с последовательно-параллельной организацией ПС, позволяющее адекватно учитывать все параметры ПС для максимальной загрузки технологического оборудования на каждой операции путем выявления формализованных параметров технологического процесса компаундирования на уровне цеха и путем внедрения формализованного параметра контроля качества продукции.

5. Разработана имитационная модель рациональной работы цеха по принятому управленческому решению в условиях необходимости управления качеством продукции с учетом комплексного показателя качества смеси и ликвидации «узких» мест на основе прогнозного концептуального управленческого решения.

6. Эффективность организации ПС цеха компаундирования автомобильных бензинов оценивалась средними показателями условной себестоимости автомобильного бензина и показателями условной прибыли при компаундировании в расчете на тонну производимого автомобильного бензина с учетом всех вовлекаемых ресурсов, в том числе электроэнергии, затрачиваемой на работу технологического оборудования. В результате экспериментов получены

следующие значения: без проведения реконструкции цеха снижение условной себестоимости автомобильного бензина до 1,5%, снижение запаса по качеству (по октановому числу) в среднем на 0,1%; а также повышение условной прибыли до 4% при внедрении в работу автоматизированной станции смешения одновременно с применением методологии управления качеством продукции (без учета амортизации капитальных вложений).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1. Головина, Е.С. Разработка и применение имитационной модели цеха компаундирования автомобильных бензинов / **Е.С. Головина**, И.Н. Хаймович // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 35-42.
2. Лаврентьев, В.А. Методы повышения точности моделей виртуальных анализаторов показателей качества фракции 80...180 С для колонны К-2 установки атмосферно-вакуумной перегонки нефти / В.А. Лаврентьев, Ю.А. Ергомышев, **Е.С. Головина**, А.В. Комогоров // Автоматизация в промышленности. – 2021. – №. 7. – С. 25-29.

Публикации в научных изданиях, индексируемых базой Scopus

3. Golovina, E.S. A simulation model for a compounding process for commercial gasolines / **E.S. Golovina**, I.N. Khaimovich // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2373. – №. 7. – P. 072029.
4. **Golovina, E. S.** Digital reality of oil refining / E.S. Golovina, M.A. Litvinenko, Yu.A. Ergomyshev, V.A. Lavrentiev, A.V. Komogorov, I.N. Khaimovich // Oil Industry Journal. – 2021. – Vol. 2021. – №. 11. – P. 67-71.
5. Nedelchenko, S.I. Applying dynamic advanced process control models in processes at Bashneft Oil Company refineries / S.I. Nedelchenko, M.S. Gayfullin, **E.S. Golovina**, Yu.A. Ergomyshev, V.A. Lavrentiev, A.V. Komogorov // Oil Industry Journal. – 2021. – Vol. 2021. – №. 06. – P. 108-112.
6. Pavlov, V.A. Prospects for applying virtual simulators to hazardous production / V.A. Pavlov, M.A. Litvinenko, **E.S. Golovina**, A.I. Korovin // Oil Industry Journal. – 2020. – Vol. 2020. – №. 11. – P. 70-72.
7. Nedelchenko, S.I. Criteria for choosing a process control system / S.I. Nedelchenko, M.S. Gayfullin, **E.S. Golovina**, Yu.A. Ergomyshev, V.A. Lavrentiev, A.V. Komogorov // Oil Industry Journal. – 2020. – Т. 2020. – №. 02. – P. 90-93.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680985. Имитационная модель цеха компаундирования бензина / **Е.С. Головина**. – Заявка № 2022680176. Дата поступления 21.10.2022. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 09.11.2022.

Публикации в сборниках материалов конференций

9. Артемьев, Д.Н. Определение октанового числа по исследовательскому методу автомобильных бензинов и их компонентов смешения при помощи спектров комбинационного рассеяния (рамановской спектроскопии) / Д.Н. Артемьев, **Е.С. Головина** // Территория Нефтегаз. – 2022. – Т. 1. – №. 1-2. – С. 46-55.

10. Лаврентьев, В.А. Построение регрессионных уравнений для виртуальных анализаторов основных показателей качества процесса алкилирования / В.А. Лаврентьев, **Е.С. Головина** // Мир нефтепродуктов. – 2021. – № 3. – С. 6-10.
11. Головина, Е.С. Принципы построения систем управления технологическими процессами в нефтепереработке и нефтехимии на примере управления реактором алкилирования фенола и компаундирования топлив / **Е.С. Головина**, В.А. Лаврентьев // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2020. – № 9. – С. 34-38.
12. Скворцов, Б.В. Основные проблемы и направления развития систем управления процессом компаундирования топлив / Б.В. Скворцов, **Е.С. Головина** // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. – 2020. – С. 107-109. .
13. Недельченко, С.И. Система глобальной динамической оптимизации и система оптимизации в реальном времени: критерии выбора системы управления технологическими процессами / С.И. Недельченко, М.С. Гайфуллин, **Е.С. Головина**, Ю.А. Ергомышев, В.А. Лаврентьев, А.В. Комогоров // Территория Нефтегаз. – 2019. – №. 12. – С. 12-17.
14. Головина, Е.С. Принципы построения систем управления технологическими процессами в нефтепереработке и нефтехимии на примере управления реактором алкилирования фенола и компаундирования топлив / **Е.С. Головина**, В.А. Лаврентьев // Актуальные задачи нефтегазохимического комплекса: Материалы научно-практической конференции, Москва, 19-20 ноября 2020 года. – Москва: ОАО «ВНИПИнефть», 2020. – С. 17-18.