

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра общей и неорганической химии

**Интеграция автоматической системы управления
предельной температурой фильтруемости дизельного топлива**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы _____

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» _____

код и наименование направления, специальности

 Института химии _____

Новичкова Василия Игоревича

Научный руководитель

 доцент, к.х.н. _____

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

 Т.В.Захарова _____

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

 д.х.н., профессор _____

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

 И.Ю.Горячева _____

инициалы, фамилия

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Современная нефтеперерабатывающая промышленность сталкивается с рядом вызовов, среди которых особенно выделяется необходимость повышения качества продукции, включая дизельное топливо, чтобы соответствовать как требованиям рынка, так и строгим стандартам, установленным в данной области. Одним из ключевых параметров, определяющих качество топлива, является предельная температура фильтруемости. Этот показатель критически важен, так как он определяет возможность использования дизельного топлива в условиях низких температур, что особенно актуально для регионов с холодным климатом. Поэтому обеспечение стабильного контроля за этим параметром становится важной задачей для нефтеперерабатывающих предприятий.

Целью данной работы является разработка рекомендаций по интеграции автоматической системы управления предельной температурой фильтруемости дизельного топлива на ПАО «Саратовский НПЗ». Это должно способствовать повышению эффективности производственных процессов на заводе. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: провести детальный анализ существующих технологий управления, выявить их недостатки и ограничения, изучить передовые решения, применяемые в отрасли, разработать конкретные рекомендации по внедрению автоматизированной системы и оценить её влияние на производственные процессы.

В процессе работы используются методы теоретического анализа, включая изучение актуальной научной литературы и нормативной документации, а также практические методы, такие как анализ данных, полученных непосредственно на ПАО «Саратовский НПЗ», и сравнительный анализ существующих технологий управления. Эти методы позволят глубже

понять текущее состояние дел в отрасли и выявить наиболее эффективные подходы к решению поставленных задач.

Глава 1 Общая характеристика производства, описание технологической установки

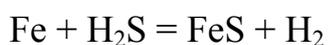
Установка ЭЛОУ-АВТ-6 предназначена для первичной переработки сырой нефти, с целью получения сырья для технологических установок вторичной переработки, а также компонентов товарных нефтепродуктов.

Нефть – это сложная углеводородная смесь, которую по строению молекул обычно разделяют на четыре группы, относящиеся к ряду углеводородов: парафиновые, нафтеновые, ароматические и олефиновые (или непредельные, ненасыщенные). Кроме углеводородов в нефтях может присутствовать небольшое количество химических примесей – серо-, азот- или кислородсодержащих соединений, а также некоторые окиси тяжелых металлов. Эти соединения придают различным нефтям специфические свойства, например, цвет может изменяться от красно-коричневого до почти черного в зависимости от состава входящих в них углеводородов .

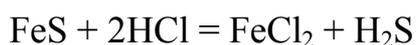
Химический состав нефти зависит от района добычи и в среднем характеризуется следующими данными, % (по массе): углерода – 82-87; водорода – 11-15; кислорода – 0,1-0,2; азота – 0,02-1,7; серы – 0,05-5,5. Соединения, в которых атомы углерода соединены в цепочку, называются алканами или парафиновыми углеводородами. Алканы с общей формулой C_nH_{2n+2} присутствуют во всех нефтях и являются одной из основных составных ее частей. В нефтях содержатся парафиновые углеводороды нормального и изомерного строения – изоалканы . Они имеют одинаковое количество атомов углерода и водорода, однако значительно отличаются друг от друга значениями температуры кипения, температуры застывания и плотности.

Сырая нефть, поступающая на установку ЭЛОУ-АВТ-6, поступает на блок обессоливания и обезвоживания ЭЛОУ, где удаляются хлористые соли, вода и механические примеси.

Наличие солей и механических примесей вызывает эрозию и приводит к выходу из строя технологического оборудования. Наличие воды вызывает коррозию оборудования и может повлиять на технологический режим, в связи с резким увеличением объема при фазовом переходе воды в парообразное состояние. Растворенные в воде и находящиеся в виде кристаллов в нефти соли ведут себя различно. Хлориды (например $MgCl_2$) могут гидролизироваться с образованием соляной кислоты (HCl), причем гидролиз протекает и при низких температурах. Поэтому соли могут быть причиной коррозии аппаратуры, в которой находятся нефть и нефтепродукты. Коррозия аппаратуры, в первую очередь конденсаторов и холодильников бензиновых, фракций, усиливается при переработке сернистых нефтей. Вначале в присутствии влаги образуется сернистое железо в виде защитной пленки.



При наличии соляной кислоты пленка превращается в хлорид железа.



Которое в последующем взаимодействует с водной фазой. Для снижения воздействия влаги и солей на оборудование и трубопроводы в нефтепереработке и при транспортировке нефти необходимо проводить нефтеподготовку как на установках по подготовке нефти в местах ее добычи, так и на нефтеперерабатывающих заводах. Нефть, поступающая на первичную переработку, должна содержать солей не более 5 мг/л, воды не более 0,2 %, при отсутствии механических примесей.

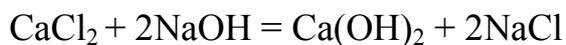
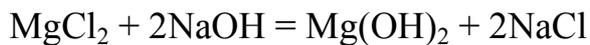
Вода и нефть образуют трудноразделимую нефтяную эмульсию. В общем случае эмульсия есть система из двух взаимно нерастворимых жидкостей, в которых одна распределена в другой во взвешенном состоянии в виде мельчайших капель. Для разделения водонефтяных эмульсий на

блоке ЭЛОУ применяют физический, химический, электрический и термический методы. Для улучшения разделения эмульсии нефть перед блоком ЭЛОУ проходит ряд теплообменных аппаратов и нагревается до температуры не более 160 °С. При прохождении электродегидраторов происходит отстаивание водной фазы и нефти, за счет разности плотностей и агломерации воды. Для снижения поверхностного натяжения между молекулами воды в поток водонефтяной эмульсии подается химический реагент - деэмульгатор, способствующего слиянию (коалесценции) молекул воды в крупные агломераты, которые при отстое эмульсии отделяются быстрее.

Наиболее стойкие мелкодисперсные нефтяные эмульсии разрушаются с помощью электрического тока. При попадании нефтяной эмульсии в переменное электрическое поле частицы воды, заряженные отрицательно, начинают передвигаться внутри капли, придавая ей грушевидную форму, острый конец которой обращен к положительно заряженному электроду. При перемене полярности электродов капля претерпевает новое изменение формы, вытягиваясь острым концом в противоположную сторону. Подобные изменения конфигурации капли претерпевают столь часто, сколь велика частота электрического поля. Под воздействием сил притяжения отдельные капли, стремясь передвигаться в электрическом поле по направлению к положительному электроду, сталкиваются друг с другом и при достаточно высоком потенциале заряда наступает пробой оболочки диэлектрика, в результате чего мелкие капли воды укрупняются, что и облегчает их осаждение в электродегидраторе. Во избежание испарения воды, а также в целях снижения газообразования электродегидраторы - аппараты, в которых производится электрическое обезвоживание и обессоливание нефти - работают при повышенном давлении.

В целях предотвращения соляно кислой коррозии в нефть подается 1-2% раствор едкого натрия (NaOH), в результате чего растворенные в нефти хлориды кальция и магния - переходят в термически устойчивые хлориды

натрия, что способствует уменьшению коррозии аппаратуры и трубопроводов.



Таким образом, ректификация – это сложный массообменный процесс, при котором в результате каждого контакта пар несколько обогащается низкокипящими компонентами, а жидкость – высококипящим компонентами. Для создания парового орошения в отгонной части колонны, а также для отпаривания легких углеводородов из тяжелых фракций применяют водяной пар. При вводе водяного пара в низ колонны парциальное давление паров снижается, и создаются условия, при которых жидкость становится перегретой, происходит ее испарение. Поднимающиеся пары контактируют со стекающей вниз жидкостью, происходит тепло- и массообмен. В результате концентрация легких углеводородов в жидкости убывает по направлению сверху вниз колонны. Также убывает температура на тарелках из-за испарения части жидкости. Чем больше подается водяного пара и ниже его температура и давление, тем больше охладится кубовая жидкость.

Глава 2 Анализ существующих технологий управления

Фильтруемость дизельного топлива представляет собой важный параметр, который определяется его способностью проходить через фильтры при низких температурах. Это свойство напрямую связано с наличием в топливе парафиновых углеводородов, которые, по мере снижения температуры, начинают кристаллизоваться и образовывать твердые частицы. Эти твердые частицы могут блокировать фильтры, что, в свою очередь, препятствует нормальной циркуляции топлива и может привести к серьезным проблемам в работе двигателей, использующих это топливо. Температура предельной фильтруемости (CFPP) является критической точкой, при которой дизельное топливо теряет свою способность проходить через стандартный фильтр. Для определения этой температуры применяются стандартизированные методы, такие как ASTM D6371, которые позволяют точно измерить момент, когда фильтрация топлива прекращается.

На большинстве нефтеперерабатывающих заводов в России, лабораторный контроль свойств дизельного топлива осуществляется с частотой каждые четыре часа. Такой подход позволяет своевременно выявлять отклонения в характеристиках топлива и принимать необходимые меры для их устранения. Однако стоит отметить, что данный метод требует значительных временных и человеческих ресурсов, что может быть не всегда целесообразно. Важно также упомянуть, что многослойный персептрон для примеров, исключая нижнюю границу интервала, отделяющего выбросы, имеет показатели в 2,5 раза меньшие. Это может свидетельствовать о наличии возможностей для оптимизации контроля и повышения его эффективности.

Тем не менее, такие методы контроля имеют свои недостатки. Ручные измерения требуют значительных временных затрат и подвержены влиянию

человеческого фактора, что может приводить к ошибкам в результатах. Это подчеркивает необходимость автоматизации процессов контроля, что позволит повысить как эффективность, так и точность измерений. Однако следует учитывать, что «стоимость таких приборов весьма велика (десятки и сотни тысяч \$), они требуют регулярного высококвалифицированного эксплуатационного обслуживания и не обеспечивают достаточной полноты информационного обеспечения с точки зрения создания автоматизированных контуров оптимального управления ТП. Таким образом, автоматизация становится не только желательной, но и необходимой для решения этих проблем, что открывает новые горизонты для повышения качества и надежности дизельного топлива на рынке.

Внедрение автоматизированных систем контроля качества дизельного топлива, в частности, для определения температуры предельной фильтруемости, представляет собой перспективное направление. Автоматизация позволяет не только снизить влияние человеческого фактора и повысить точность измерений, но и значительно сократить время, необходимое для получения результатов. Это особенно важно в условиях непрерывного производственного процесса, где оперативное получение данных о качестве топлива играет ключевую роль в обеспечении стабильности и эффективности работы предприятия.

Однако, помимо высокой стоимости оборудования и необходимости квалифицированного обслуживания, существуют и другие факторы, которые следует учитывать при внедрении автоматизированных систем. К ним относятся необходимость интеграции новых систем с существующей инфраструктурой предприятия, а также разработка и внедрение алгоритмов обработки данных, которые позволят оперативно выявлять отклонения в характеристиках топлива и принимать соответствующие меры. Важным аспектом является также обеспечение кибербезопасности автоматизированных систем, чтобы предотвратить несанкционированный доступ и манипуляции с данными.

Альтернативным подходом к повышению эффективности контроля качества дизельного топлива может быть использование математических моделей и алгоритмов машинного обучения для прогнозирования температуры предельной фильтруемости на основе других, более легко измеряемых параметров. Такой подход позволяет снизить затраты на дорогостоящее оборудование и повысить оперативность контроля, однако требует разработки и валидации моделей, а также постоянного мониторинга их точности и адекватности.

В целом, повышение эффективности контроля качества дизельного топлива является сложной и многогранной задачей, требующей комплексного подхода. Необходимо учитывать как технические, так и экономические факторы, а также обеспечивать интеграцию новых технологий с существующей инфраструктурой предприятия. При этом, выбор оптимального подхода должен основываться на конкретных условиях и потребностях каждого предприятия.

Глава 3 Автоматизация контроля качества дизельного топлива на Саратовском НПЗ

На Саратовском НПЗ производится выпуск дизельного топлива сорта С (летнее), сорта Е (межсезонное) и класса 1 (зимнее). В процессе приготовления дизельного топлива задействованы ключевые технологические параметры установок: ЭЛОУ-АВТ-6 (фракционный состав дизельного топлива) и Л-24-6 (количество вовлекаемой депрессорно-диспрегирующей присадки), влияющих на предельную температуру фильтруемости (ПТФ) дизельного топлива. В периоды приготовления дизтоплива зимних сортов (сорт Е и класс 1) существуют риски, связанные с выработкой дизельного топлива, с недостаточным показателем ПТФ. Данные риски могут возникать в результате сложного процесса работоспособности присадки с фракционным составом дизельного топлива.

В связи с отсутствием автоматической системы управления предельной температурой фильтруемости дизельного топлива на заводе, отсутствует информационная база в онлайн режиме и последующая автоматическая корректировка расходов вовлекаемых присадок. Испытания по определению фракционного состава дизельного топлива и определению ПТФ проводится в лабораторных условиях. Данный процесс является трудоёмким и получение результата занимает много времени.

Поэтому установив систему автоматизации, можно создать онлайн контроль за ПТФ и автоматизировать процесс подачи реагентов на Л-24-6, регулируя режим колонн на ЭЛОУ-АВТ-6.

Для внедрения данной линии на нефтеперерабатывающем заводе необходима установка двух поточных анализаторов для дизельного топлива.

- Анализатор фракционного состава дизельного топлива – контролирует фракционный состав дизельной фракции, выходящей с установки ЭЛОУ-АВТ-6.

- Анализатор ПТФ (потенциальная температура фильтруемости) – контролирует потенциальную температуру фильтруемости дизельного топлива после гидроочистки на установке Л-24-6. Это важный показатель, определяющий эксплуатационные характеристики дизельного топлива в холодное время года (рис.3).

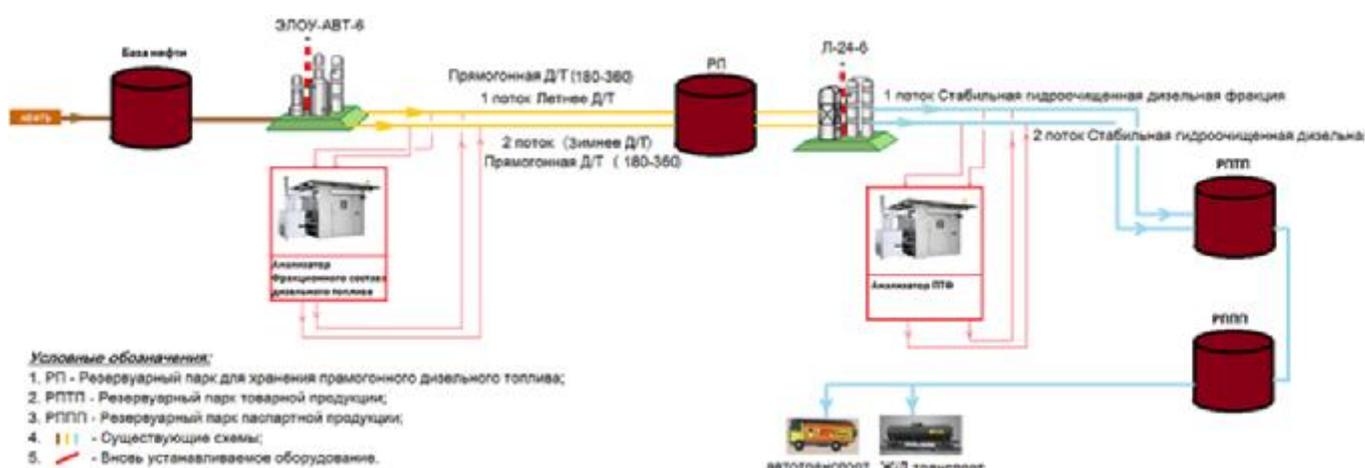


Рисунок 3 – Схема установки поточных анализаторов

РП-резервуарный парк для хранения прямогонного дизельного топлива; РПТП – резервуарный парк товарной продукции; РППП – резервуарный парк товарной продукции.

Схема установки:

1. Первый анализатор:

- Прямогонная дизельная фракция (с установки ЭЛОУ-АВТ-6) → Анализатор фракционного состава дизельного топлива

- Анализатор расположен после установки ЭЛОУ-АВТ-6

2. Второй анализатор:

- Резервуарный парк → Установка Л-24-6 (гидроочистка) → Анализатор ПТФ

- Анализатор расположен после установки гидроочистки (Л-24-6).

Поточные анализаторы позволяют в режиме реального времени отслеживать ключевые параметры качества дизельного топлива. Это позволяет оперативно реагировать на отклонения и корректировать технологический процесс для поддержания стабильного качества продукции. Данные с анализаторов используются для оптимизации работы установок ЭЛОУ-АВТ-6 и Л-24-6, что позволяет повысить эффективность производства и снизить затраты.

Контроль качества дизельного топлива необходим для обеспечения соответствия продукции требованиям нормативных документов и стандартов. А своевременное выявление отклонений в качестве топлива позволяет предотвратить возможные проблемы, связанные с его использованием, такие как повреждение топливной аппаратуры (рис.4).

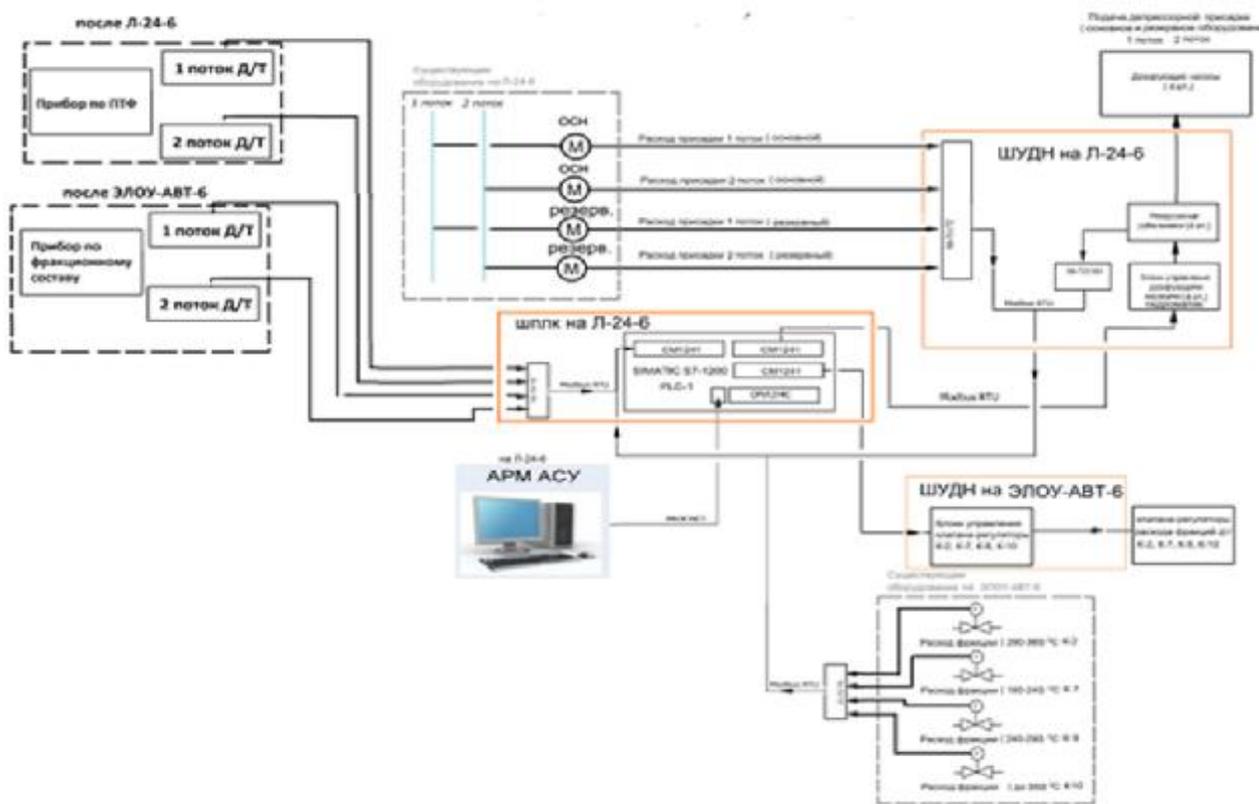


Рисунок 4 – Принципиальная схема автоматизации;

1. --- сигналы от приборов; 2. (М) - массомер существующий

3. --- действующая схема потоков

4. АРМ, АСУ - автоматическое рабочее место оператора, автоматическая система управления
5. SM1241 - Коммуникационный модуль; 6. SIMATIC S7-1200 - контроллер
7. CPU1214C - Центральный процессор
8. M-7017Z - Модуль ввода (преобразователь сигнала)
9. Modbus RTU - коммуникационный протокол, основан на архитектуре ведущий-ведомый. Использует для передачи данных интерфейсы RS-485, RS-422, RS-232, а также Ethernet сети TCP/IP (протокол Modbus TCP)
10. M-7053D - Модуль ввода (преобразователь сигнала)
11. ШПЛК - Шкаф программируемого логического контроллера
12. ШУДН - Шкаф управления дозирующими насосами
13. --- Границы шкафа
14. PROFINET - открытый промышленный стандарт для автоматизации от ассоциации Ethernet PROFIBUS & PROFINET International (PI). PROFINET использует TCP/IP и IT-стандарты, и режим реального времени Ethernet
15. -- расходчики

С целью разработки автоматической системы предлагается следующая принципиальная схема автоматизации:

Исходные данные ЭЛОУ-АВТ-6, расходы дизельной фракции К-2, К-7, К-9, К-10, исходные данные Л-24-6 на первом и втором потоке (основной и резервный) идут с массометров на модуль ввода (преобразователь сигнала). После этого сигнал приходит на коммуникационный модуль (проводится обработка входных сигналов), исходные данные транслируются оператору.

После чего контроллер обрабатывает данные, основываясь на базе информационных данных: по фракционному составу ПТФ, расходу дизельной фракции (ЭЛОУ-АВТ-6) и расходу присадок (Л- 24-6). За обработку данных отвечает центральный процессор, после чего отправляется на первый коммуникационный модуль, на блоки управления дозирующими насосами (гидроматик). Далее сигнал поступает на реверсивный рубильник, после чего на дозирующие насосы, далее на модуль ввода и на модуль контроля.

После второго коммуникационного модуля сигнал поступает на блоки управления клапанами-регуляторами расхода дизельного топлива на колоннах К-2, К-7, К-9, К-10 (рис.5). Необходимый заданный параметр вводится оператором со страниц АРМ АСУ, после чего вводятся необходимые заданные параметры дизельной фракции и расхода присадок в соответствии с базой наработки.



Рисунок 5 – Модульная установка.

Индекс устройства управления подачей указывает на наличие электрического устройства дистанционного или программного управления подачей методом изменения частоты вращения приводного электродвигателя (частотного регулирования) (рис. 6).



Рисунок 6 – Насос мембранный дозировочный (НДГ)

Для точного дозирования присадки используется мембранный дозировочный насос (НДГ), оснащённый системой автоматического управления подачей.

Устройство управления подачей:

Индекс устройства управления указывает на наличие электрического привода с дистанционным или программным управлением, которое регулирует подачу за счёт изменения частоты вращения двигателя (частотное регулирование) (рис. 6).

Основные характеристики насоса:

- Пропускная способность: 250 л/ч
- Мощность привода: 1,1 кВт

Процесс измерения пробы:

Проба отбирается из потока и заливается в стандартную измерительную ячейку, где охлаждается до заданной температуры. Далее она прокачивается через фильтр и в течение 60 секунд достигает оптического датчика. После завершения измерительного цикла проба возвращается в ячейку, где охлаждается ещё на 1°C перед следующим циклом.

На каждом этапе система контролирует объём возвращаемой пробы. Если он отличается от исходного, это означает, что кристаллы парафинов начали блокировать сито (рис. 7).



Рисунок 7 – Внешний вид и схематичное размещение поточного анализатора предельной температуры фильтруемости (ЦФПП).

Характеристика данной установки:

- Наглядность благодаря измерительной ячейки, выполненной из оргстекла.
- Отсутствие налипания парафина на тестовой сетке при заполнении ячейки.
- Точное воспроизведение процедуры измерения согласно стандартам.
- Использование тестового фильтра-сетки полностью идентичное лабораторному методу.

100 мл пробы отгоняются в открытой колбе в атмосфере с азотом в течение предварительного заданного времени нагрева. Испаренная проба проходит через охлаждаемый водой конденсатор. Объем конденсата измеряется в градуированном приемнике посредством измерения дифференциального давления с компенсацией плотности в предварительно определенных точках процента отгона (объёма отогнанного продукта), после чего проба отбрасывается в поток прямогонной дизельной фракции (рис. 8).



Рисунок 8 – Поточный анализатор фракционного состава DPA-4.5

Характеристики анализатора:

- Полная кривая разгона по каждому циклу измерений
- Свободно программируемые точки температуры % отгона
- Сокращение времени анализа: режим быстрого определения фракционного состава
- Саморегенерация колбы
- Доступные протоколы связи - удаленный доступ через интернет

- Встроенная система самодиагностика и определения неисправностей в работе анализатора.

Ключевыми преимуществами предлагаемого решения являются: возможность непрерывного мониторинга критических параметров качества продукции в реальном времени, существенное сокращение временных затрат на контроль качества, минимизация рисков выпуска некондиционной продукции, а также оптимизация расхода дорогостоящих присадок. Используемые поточные анализаторы, обладают функционалом самодиагностики, удаленного доступа и полностью соответствуют требованиям стандартных лабораторных методов испытаний.

Данная реализация, позволит перевести контроль качества дизельного топлива на принципиально новый уровень, обеспечив стабильность технологического процесса и соответствие выпускаемой продукции требованиям нормативной документации. Это особенно важно в условиях ужесточающихся экологических стандартов и требований к качеству нефтепродуктов. Внедрение автоматизированной системы контроля ПТФ и фракционного состава станет важным шагом в модернизации производства и повышении конкурентоспособности продукции Саратовского НПЗ.

Глава 4 Оценка влияния внедрения системы на производственные процессы

Ключевые показатели эффективности (КПЭ) представляют собой важный набор метрик, которые используются для оценки успешности внедрения автоматизированной системы управления на ПАО «Саратовский НПЗ». В данном контексте основными КПЭ являются снижение производственных затрат, повышение качества дизельного топлива, улучшение экологических показателей и увеличение производительности. Эти показатели играют ключевую роль, так как они позволяют объективно оценить влияние внедрения системы на производственные процессы и выявить, насколько эффективно предприятие справляется с поставленными задачами.

В последние годы, в связи с повышением требований к эффективности работы государственных учреждений и предприятий, возникла необходимость применять бенчмаркинг как метод для улучшения их функционирования. Как отмечают исследователи, использование КПЭ в сочетании с бенчмаркингом может значительно повысить результаты производственной деятельности. Это подчеркивает важность интеграции этих подходов, которая может привести к более эффективному управлению и оптимизации процессов на предприятии, что, в свою очередь, способствует повышению конкурентоспособности.

Для сбора данных используются как традиционные, так и современные методы, включая автоматизированные системы мониторинга и ручной сбор информации. Такой подход позволяет обеспечить высокую точность и актуальность данных. Анализ данных проводится с применением различных статистических методов, что позволяет выявить тенденции и зависимости, которые могут быть критически важными для оценки воздействия

автоматизации на такие показатели, как предельная температура фильтруемости дизельного топлива.

Статистические методы играют ключевую роль в оценке эффективности внедрения автоматизированной системы. Регрессионный анализ, анализ временных рядов и методы корреляции позволяют оценить влияние автоматизации на производственные показатели. Эти методы помогают выявить закономерности и взаимосвязи, которые невозможно обнаружить при использовании только качественного анализа, что делает их незаменимыми в процессе оценки.

Моделирование и прогнозирование также играют важную роль в процессе оценки, позволяя предсказать влияние внедрения системы управления на производственные процессы в будущем. Эти методы помогают оптимизировать использование ресурсов и минимизировать возможные риски, связанные с внедрением новых технологий. При этом важно учитывать, что основные факторы успеха и адаптации накопленного опыта партнеров в своей организации способствуют более эффективному внедрению новых систем и технологий, что, в свою очередь, может привести к значительным улучшениям в производственной деятельности.

Сравнительный анализ позволяет объективно оценить изменения, произошедшие после внедрения системы. В рамках этого анализа сравниваются такие показатели, как затраты, качество продукции и производительность. Это дает возможность определить, насколько эффективно внедрение повлияло на производственные процессы, а также выявить области, требующие дальнейшего улучшения и оптимизации.

Выбор методов оценки основывается на их надежности и применимости к специфике производственных процессов на ПАО «Саратовский НПЗ». Комбинация статистических методов, моделирования и сравнительного анализа позволяет получить полную и всестороннюю картину эффективности внедрения. Эксперты отмечают, что "методология оценки экономической эффективности от интеграции данных может быть

успешно использована в различных отраслях промышленного производства", что подтверждает соответствие выбранных методов целям исследования и их актуальность для практического применения в условиях современного производства.

Важным элементом оценки является также анализ рисков, связанных с внедрением и эксплуатацией автоматизированной системы. Необходимо идентифицировать потенциальные угрозы и разработать меры по их минимизации. В контексте нефтеперерабатывающего завода это могут быть риски, связанные с безопасностью, надежностью оборудования и экологическими последствиями.

Для повышения точности оценки необходимо учитывать отраслевые стандарты и передовой опыт других предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. Это позволит сопоставить результаты, достигнутые на ПАО «Саратовский НПЗ», с лучшими практиками и определить направления для дальнейшего улучшения.

Результаты оценки должны быть представлены в виде понятных и наглядных отчетов, содержащих ключевые показатели эффективности, анализ тенденций и рекомендации по оптимизации производственных процессов. Эти отчеты должны быть доступны для всех заинтересованных сторон, включая руководство предприятия, инженерно-технический персонал и инвесторов.

4.2 Анализ рисков и меры безопасности

Внедрение автоматизированной системы контроля предельной температуры фильтруемости (ПТФ) дизельного топлива на нефтеперерабатывающих предприятиях представляет собой важнейший элемент системы промышленной безопасности. ПТФ, характеризующая способность топлива сохранять текучесть при низких температурах, является

критически важным параметром, непосредственно влияющим на безопасность эксплуатации оборудования и защиту персонала.

Согласно действующим нормативным требованиям, установлены следующие предельные значения ПТФ для различных видов дизельного топлива:

- для летних сортов (класс С) показатель не нормируется, но обычно составляет около -5°C ;
- для межсезонных сортов (класс Е) максимально допустимое значение не должно превышать -15°C (ГОСТ 305-2013);
- для зимних сортов (класс 1) установлен лимит -26°C (ГОСТ Р 55475-2013);
- для арктических сортов требования наиболее строгие - не выше -44°C .

Превышение этих нормативных значений создает серьезные риски для промышленной безопасности:

1. Технологические риски:

- образование парафиновых отложений в топливных магистралях и фильтрах
- нарушение равномерности подачи топлива
- повышенный износ двигателей и насосного оборудования

2. Риски для персонала:

- необходимость выполнения аварийных работ в неблагоприятных условиях
- повышенная вероятность травматизма при обслуживании забитых систем
- риск возникновения аварийных ситуаций при попытках запуска оборудования

3. Экологические риски:

- возможные разливы топлива при аварийных ситуациях
- повышенные выбросы из-за неполного сгорания

Автоматизированные системы контроля ПТФ обеспечивают:

- непрерывный мониторинг параметров с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- оперативное реагирование (в течение 5 минут) на отклонения
- автоматическую корректировку технологических параметров
- предотвращение аварийных ситуаций

Экономический эффект от внедрения включает:

- снижение количества аварийных остановок на 40-50%
- уменьшение затрат на ремонт оборудования
- сокращение страховых выплат на 7-12%
- предотвращение потенциального ущерба до 15 млн руб. в год

Для обеспечения максимальной безопасности рекомендуется:

1. Использовать системы с сертификацией SIL 2 (IEC 61508)
2. Организовать трехступенчатую систему аварийного оповещения
3. Внедрить автоматическое протоколирование всех критических событий
4. Обеспечить резервирование критически важных узлов системы

Таким образом, автоматизация контроля ПТФ не только повышает качество продукции, но и вносит существенный вклад в обеспечение промышленной безопасности, защиту здоровья персонала и окружающей среды.

Внедрение АСУ ПТФ позволяет в режиме реального времени контролировать и регулировать температуру дизельного топлива на различных этапах его производства, хранения и транспортировки. Система собирает данные с датчиков температуры, установленных в ключевых точках технологической схемы, и автоматически корректирует параметры процесса (например, интенсивность подогрева, добавление присадок), чтобы поддерживать ПТФ в пределах установленных норм.

Таким образом, АСУ ПТФ значительно снижает риск возникновения аварийных ситуаций, связанных с замерзанием дизельного топлива. Это, в свою очередь, уменьшает вероятность травматизма персонала, работающего с топливными системами и оборудованием, особенно в условиях низких

температур. Кроме того, автоматизация процесса контроля ПТФ минимизирует влияние человеческого фактора, повышает точность и надежность измерений, что способствует более эффективному и безопасному производству дизельного топлива.

Внедрение автоматизированной системы управления предельной температурой фильтруемости (АСУ ПТФ) требует строгого соблюдения норм охраны труда. Основные аспекты безопасности с конкретными примерами и расширенными данными представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные аспекты безопасности и защиты.

Категория опасности	Конкретные примеры	Возможные последствия	Меры защиты	Примеры СИЗ/оборудования	Нормативные ссылки	Частота контроля
Механические повреждения	Контакт с вращающимися частями насосов (например, насосы Grundfos CRN 3-7)	Переломы, ампутации, травмы	- Блокировка опасных зон - Использование блокировки LOTO (Lockout-Tagout) - Сигнальные ограждения	Защитные кожаные перчатки Mechanix Wear, каски 3М H-700	ГОСТ 12.2.003-91, ТР ТС 010/2011	Ежедневно
Химическое воздействие	Контакт с депрессорными присадками (например, Dodiflow)	Ожоги кожи, поражение дыхательных путей	- Принудительная вентиляция (расход воздуха ≥ 20 м ³ /ч на человека) - Системы	Перчатки Ansell 37-155, респираторы 3М 6800, химически комбинезоны DuPont	ГОСТ 12.4.103-83, СанПиН 1.2.3685-21	Перед каждой операцией

	4945)		промывки глаз	Tyvek		
Работа на высоте	Обслуживание датчиков в ПТФ (например, Emerson Rosemount 3051S) на высоте 8 м	Падение с высоты	- Страховочные системы (анкерные точки DBI Sala) - Лестницы с платформами	Страховочные пояса Petzl Volt, карабины Rock Empire	ПОТ РО 14000-005-98, ГОСТ Р 12.4.205-99	Перед каждым подъемом
Электрические опасности	Обслуживание шкафов управления (например, Siemens Simatic S7-1500)	Поражение током до 10 кВ	- Блокировка питания - Изолированный инструмент (Knipex 00 20 06) - Предупреждающие знаки	Диэлектрические перчатки Ansell 100076, коврики 5 кВ	ПУЭ 7 изд., ГОСТ Р 50571.1-93	Ежеквартально
Пожароопасность	Утечка дизтоплива при отборе проб	Возгорание, взрыв	- Системы газового анализа (Drager X-am 2500) - Искробезопасный инструмент	Огнестойкие комбинезоны Nomex, самоспасатели ШСС-Т	ФЗ-123, СП 12.1313.0.2009	Непрерывный мониторинг

Организационные мероприятия:

1. Обучение персонала:

- Программа обучения включает 72 часа теоретических и практических занятий
 - Тренажерные комплексы для отработки аварийных ситуаций (например, тренажер Festo Didactic)
 - Периодичность проверки знаний: 1 раз в год
2. Документация:
- Разработка инструкций по охране труда для каждой технологической операции
 - Журналы учета:
 - Журнал проверок СИЗ (форма ЖУ-01)
 - Журнал газового контроля (форма ЖГК-2023)
 - Журнал нарядов-допусков для работ повышенной опасности
3. Технические решения:
- Внедрение системы дистанционного мониторинга условий труда (датчики температуры, загазованности, шума)
 - Автоматические аварийные остановки при:
 - Превышении ПДК вредных веществ
 - Обрыве страховочных систем
 - Обнаружении искрения

Медико-профилактические мероприятия

1. Медосмотры:
- Предварительные (при приеме на работу)
 - Периодические (1 раз в год для основных работников)
 - Внеочередные (после аварийных ситуаций)
2. Профилактика:
- Выдача молока за вредность (0,5 л за смену)
 - Дополнительные витаминные комплексы
 - Физиотерапевтические процедуры (ингаляций)
4. Статистика и эффективность

По данным внедрения на НПЗ мощностью 7 млн тонн/год (табл.4)

Таблица 3 – Статистика и эффективность

Показатель	До внедрения	После внедрения	Эффективность
Травматизм	12 случаев/год	2 случая/год	-83%
Простои из-за аварий	156 часов/год	28 часов/год	-82%
Затраты на СИЗ	1,2 млн руб./год	1,8 млн руб./год	+50% (но сокращение выплат по травмам на 3,5 млн руб.)
Время реагирования на утечки	45 минут	7 минут	-84%

Помимо прямой защиты от аварийных ситуаций, связанных с замерзанием дизельного топлива, АСУ ПТФ способствует улучшению условий труда персонала. Автоматизация рутинных операций по контролю и регулированию температуры позволяет освободить сотрудников от выполнения монотонной и трудоемкой работы, требующей постоянного внимания и физических усилий. Это снижает утомляемость персонала и повышает его концентрацию на более важных задачах, связанных с обеспечением безопасности и эффективности производства.

Внедрение АСУ ПТФ также оказывает положительное влияние на экологическую безопасность предприятия. Предотвращение аварийных ситуаций, связанных с разливом замерзшего дизельного топлива, снижает риск загрязнения окружающей среды и, как следствие, уменьшает негативное воздействие на здоровье населения, проживающего вблизи предприятия. Кроме того, оптимизация технологического процесса с помощью АСУ ПТФ позволяет сократить расход энергии на подогрев топлива, что приводит к

снижению выбросов парниковых газов и способствует устойчивому развитию предприятия.

Для успешной интеграции АСУ ПТФ необходимо учитывать особенности конкретного технологического процесса и климатические условия региона, в котором расположено предприятие. Важно провести тщательный анализ рисков и разработать соответствующие меры по их mitigation. Необходимо также обеспечить совместимость АСУ ПТФ с существующими системами автоматизации и контроля, используемыми на предприятии.

Таким образом, интеграция автоматической системы управления по предельной температуре фильтруемости дизельного топлива является важным шагом на пути к повышению безопасности и охраны труда на нефтеперерабатывающих предприятиях. Она позволяет не только предотвратить аварийные ситуации, связанные с замерзанием топлива, но и улучшить условия труда персонала, повысить экологическую безопасность и оптимизировать технологический процесс.

В перспективе подобные системы могут быть усовершенствованы с помощью искусственного интеллекта, который сможет прогнозировать изменения параметров топлива с высокой точностью, анализируя большие объемы данных в реальном времени. Более того, внедрение ИИ позволит автоматизировать не только контроль, но и принятие решений, что снизит нагрузку на операторов и минимизирует человеческий фактор.

Правильное внедрение и эксплуатация АСУ ПТФ способствуют созданию безопасной и эффективной производственной среды, а интеграция передовых технологий, таких как искусственный интеллект, открывает новые возможности для развития отрасли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования была детально рассмотрена актуальная проблема управления предельной температурой фильтруемости дизельного топлива на ПАО «Саратовский НПЗ». В рамках работы был осуществлен всесторонний анализ существующих технологий, что позволило выявить как их сильные, так и слабые стороны. Кроме того, были определены основные направления, которые могут способствовать улучшению текущих процессов. Исследование показало, что традиционные методы контроля температуры фильтруемости имеют значительные недостатки, среди которых можно выделить высокую зависимость от человеческого фактора и низкую оперативность в принятии решений. Эти аспекты подчеркивают настоятельную необходимость внедрения автоматизированных систем управления, которые способны значительно повысить эффективность работы.

В ходе исследования также был проведен сравнительный анализ передовых технологий, применяемых в данной отрасли, что позволило выделить наиболее перспективные решения, способные улучшить качество управления. На основе полученного анализа были сформулированы конкретные рекомендации по интеграции автоматизированной системы управления, которые, в свою очередь, обеспечат повышение эффективности производственных процессов на предприятии.

В процессе работы были успешно достигнуты поставленные цели и задачи. Были определены ключевые технические требования к новой системе, разработаны четкие этапы её внедрения, а также рассмотрены методы минимизации потенциальных рисков, которые могут возникнуть в процессе реализации проекта. Полученные результаты подтверждают, что автоматизация контроля температуры фильтруемости дизельного топлива не только позволит улучшить качество конечной продукции, но и значительно

повысит производительность, снизит затраты и минимизирует вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

Для успешного внедрения автоматизированной системы управления настоятельно рекомендуется провести тщательный анализ текущих процессов на предприятии, выявить узкие места и разработать детализированный план интеграции новой технологии. Особое внимание следует уделить обучению персонала, а также созданию системы мониторинга, что позволит обеспечить устойчивую работу системы и её адаптацию к изменениям производственных условий.

В перспективе целесообразно рассмотреть вопрос о применении искусственного интеллекта для прогнозирования и оптимизации параметров фильтруемости топлива, а также изучить возможности интеграции данной системы с другими процессами на предприятии. Это позволит не только улучшить качество управления, но и создать более гибкую и адаптивную производственную среду, способную быстро реагировать на изменения в рыночной конъюнктуре и требованиях потребителей.