

На правах рукописи



МАЛЕНЬКИХ ВЛАДИСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК
ИЗОМЕРИЗАЦИИ ЗА СЧЕТ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ И
РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ**

Специальность 05.17.07- «Химическая технология топлива
и высокоэнергетических веществ»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Омск – 2017

Работа выполнена на кафедре «Химическая технология и биотехнология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет».

Научный руководитель : доктор технических наук, профессор
Корнеев Сергей Васильевич

Официальные оппоненты: **Белый Александр Сергеевич**
доктор химических наук, профессор,
ФГБУН «Институт проблем переработки
углеводородов Сибирского отделения
Российской академии наук» / лаборатория
«Синтез моторных топлив», заведующий
лабораторией

Давлетшин Артур Раисович
кандидат технических наук,
Государственное унитарное предприятие
«Институт нефтехимпереработки Республики
Башкортостан» / отдел топлив,
заведующий отделом

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический
университет» (г. Иркутск)

Защита состоится 24 мая 2017 г. в 16-30 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.289.03 при ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте <http://rusoil.net>.

Автореферат разослан « ____ » марта 2017 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

 Абдульминев Ким Гимадиевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Систематическая работа в области энергосбережения и эффективности использования энергоресурсов в различных секторах и сферах экономики России интенсифицировалась после вступления в силу Федерального закона РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Поставленная Правительством РФ глобальная задача по внедрению энергоэффективных технологий особенно актуальна для энергоемких отраслей промышленности, к которым относится и нефтепереработка. Следует отметить, что показатель энергоэффективности всего НПЗ складывается из энергоемкости каждой отдельной установки.

Немаловажную роль играет проблема безвозвратных потерь. Она является актуальной как для российских, так и для международных нефтяных компаний. Размер безвозвратных потерь на НПЗ составляет до 1% от объема поступившего сырья. Задача отечественных нефтеперерабатывающих заводов – сократить потери и повысить показатель энергоэффективности до уровня лучших мировых практик.

Проведение обследования энергоемкости процесса необходимо как для старых установок (срок эксплуатации более 15 лет), так и для новых (срок эксплуатации которых не превышает 4 года). Базовые проекты новых установок могут содержать большой потенциал для снижения потребления энергоресурсов, поэтому все работы, направленные на энерго- и ресурсосбережение в нефтеперерабатывающей промышленности, актуальны. Объектом исследования в данной работе выбрана установка изомеризации легких бензиновых фракций.

Степень разработанности проблемы

Проблемами совершенствования эксплуатации установок занимаются организации: УОР, ЗАО «Нефтехимпроект», НПП «Нефтехим» и другие. Все эти организации отмечают, что при эксплуатации оборудования установок

изомеризации легких бензиновых фракций происходит образование твердых отложений кокса в межтрубном пространстве сырьевых теплообменников, имеет место перерасход энергоносителей для обеспечения необходимой степени разделения компонентов в колоннах, а также постепенное снижение эффективности охлаждения верхних продуктов колонн в летнее время в связи с их загрязнением со стороны оборотной воды.

Цель диссертационной работы

Повышение энергоэффективности работы установок изомеризации для уменьшения безвозвратных потерь и сокращения потребления энергоресурсов.

Для достижения указанной цели в диссертационной работе поставлены следующие **задачи**:

1 Проведение технологического аудита установки изомеризации.

2 Выполнение анализа факторов, влияющих на энерго- и ресурсосбережение при эксплуатации установки изомеризации, и разработки направлений совершенствования их эксплуатации для обеспечения энерго- и ресурсосбережения.

3 Разработка имитационной модели схемы установки изомеризации.

4 Разработка методики определения места ввода сырья в ректификационную колонну для сокращения потребления энергоресурсов, как на действующих установках, так и на объектах на стадии проектирования.

5 Разработки метода подготовки сырья установки изомеризации для исключения образования отложений в межтрубном пространстве теплообменного оборудования.

Объектом исследования являлась установка изомеризации легких бензиновых фракций с предварительным извлечением изопентана и рециклом н-пентана и н-гексана.

Методы исследования

При решении поставленных задач использовались методы математической статистики, имитационного моделирования и инженерного анализа. Для расчета и анализа работы установки изомеризации использовался программный продукт

Aspen HYSYS. Выполнение пинч-анализа проводилось с использованием программного продукта KBC SuperTarget.

Научная новизна

1 Впервые установлено, что при наличии содержания в сырье установки изомеризации непредельных углеводородов свыше 0,5%, при содержании кислорода свыше 4 ппм и нагревании до температуры 220 °С происходят осмоление и коксообразование в межтрубном пространстве теплообменного оборудования.

2 Предложен способ улучшения качества сырья путём удаления кислорода отдувом очищенным водородсодержащим газом.

3 Разработана схема подготовки оборотного водоснабжения для установки изомеризации, с помощью которой можно добиться необходимого качества охлаждающей воды и тем самым увеличить межремонтный пробег установки до четырех лет, увеличить теплосъем в водяных холодильниках до 11% и снизить потребление реагентов для водоподготовки до 56%.

4 На основе универсальной модели колонны предложена методика, позволяющая определять место ввода сырья в ректификационную колонну для сокращения потребления энергоресурсов как на действующих установках, так и на объектах на стадии проектирования.

Основные положения, выносимые на защиту

1 Разработана имитационная модель установки изомеризации, позволяющая проводить оценку эффективности работы оборудования и установки в целом.

2 Метод оценки эффективности потребления энергоресурсов установки изомеризации, основанный на расчёте минимального потребления, и его достижение путём рационализации системы рекуперации тепла, методов подвода энергии и условий эксплуатации.

3 Методика, позволяющая определять место ввода сырья в ректификационную колонну и вывода продукта из нее для сокращения потребления энергоресурсов на стадии проектирования оборудования.

4 Методика оценки степени закоксованности теплообменников от давления в емкости и количества подаваемого водорода.

5 Технология подготовки оборотной воды и ее влияние на технологические параметры работы установки и степень энерго- и ресурсосбережения.

Достоверность научных положений и результатов диссертации

Результаты работы базируются на основе статистических и экспериментальных данных, полученных при эксплуатации реальной установки, а также расчетных данных, полученных на основе разработанной имитационной модели при помощи программных продуктов Aspen HYSYS и KBC SuperTarget.

Экспериментальные исследования и опытная апробация результатов проведены на реальном объекте с использованием сертифицированных и поверенных средств контроля и оборудования. Достоверность теоретических данных подтверждена экспериментальными данными, полученными на установке изомеризации АО «Газпромнефть-ОМПЗ». Расхождение результатов теоретических и экспериментальных исследований не превышает 5%.

Практическая значимость работы

Применение полученных в работе результатов дает возможность:

1 Рассчитывать тепловые и конструктивные параметры массообменного и теплообменного оборудования для повышения эффективности использования энергоресурсов.

2 Использовать разработанную технологическую схему для экономии энергоресурсов и снижения потерь углеводородов на установках изомеризации.

3 Исключить проблему закоксовывания межтрубного пространства сырьевых теплообменников как при проектировании новых объектов, так и при эксплуатации на существующих установках.

Реализация результатов работы

1 Установлено, что предлагаемая технологическая схема установки изомеризации позволит снизить потребление энергоресурсов до 10% и потери углеводородов до 5% от общего количества потерь.

2 Разработанные мероприятия по снижению потребления энергоресурсов установок изомеризации приняты к внедрению на установках изомеризации легких бензиновых фракций на предприятиях АО «Газпромнефть».

3 Разработанные методики применяются для повышения энергоэффективности как действующих установок, так и объектов на стадии проектирования на предприятиях АО «Газпромнефть».

Личный вклад соискателя

1 Уточнена методика, позволяющая оценить степень энергоэффективности установок вторичной переработки углеводородов.

2 Предложена методика на основе разработанной имитационной модели, позволяющая определять место ввода сырья в ректификационную колонну для сокращения потребления энергоресурсов.

3 Установлена причина появления отложений в межтрубном пространстве сырьевых теплообменников, приводящих к росту перепада давления в оборудовании и выходу их из строя. Найден и доказан эффективный способ решения проблемы закоксовывания теплообменников, позволяющий избежать возникновения данной проблемы как при проектировании новых технологических установок, так и на действующих объектах.

Апробация результатов работы

Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на 2-й научно-технической конференции аспирантов, магистрантов, студентов, творческой молодежи, посвященной 70-летию ОмГТУ «Техника и технология современного машиностроения» (г. Омск, 2012 г.); 10-й и 11-й научно-технических конференциях молодых работников, ОАО «Газпромнефть» (г. Москва, Санкт-Петербург, 2013 и 2014 гг.); 10-й научно-технической конференции ОАО «Омскнефтехимпроект» среди работников нефтегазовой промышленности (г. Омск, 2014г.); 9-й научно-технической конференции среди молодых работников ОАО «Славнефть-ЯНОС» (г. Ярославль, 2014 г.); на заседаниях кафедры «Химическая технология и биотехнология» ОмГТУ, 2013, 2014, 2015 гг.

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка из 83 источников, содержит 144 страницы основного текста, 36 рисунков, 24 таблицы и 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, дан анализ энергоемкости нефтеперерабатывающей промышленности России.

В **первой главе** рассматриваются условия работы установок изомеризации и эксплуатационные факторы, влияющие на энергоэффективность и ресурсосбережение при их эксплуатации. Выполнен обзор существующих методов и средств повышения энерго- и ресурсосбережения установок изомеризации.

Установлено, что высокие расходы энергоресурсов при протекании процессов на установке изомеризации приводят к снижению общей прибыльности выпускаемой продукции как на установке, так и в целом по предприятию.

Выявлено, что основным источником потерь энергоресурсов является термодинамическое несовершенство подвода теплоты и разделения технологических потоков.

На основе анализа современного состояния исследуемой проблемы сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во **второй главе** проводится разработка имитационной модели схемы действующей установки изомеризации. В качестве основного инструмента моделирования была выбрана программная среда Aspen HYSYS.

Основной целью имитационного моделирования является построение высокоточной модели схемы существующей установки изомеризации, которая

отражает ее работу на существующем технологическом режиме и подходит для проведения эксперимента по повышению энерго- и ресурсосбережения. Для достижения данной цели была построена модель, имитирующая технологические процессы, которые применяются на реальной установке.

Материальный баланс процесса непрерывной ректификации бинарной смеси:

$$F=T+D, \quad (1)$$

где, F, T, D – расходы соответственно исходного сырья, дистиллята и кубового продукта колонны.

Установка изомеризации легких бензиновых фракций включает в себя ректификационные колонны: К-1 – отпарная колонна пентан-гексановой смеси; К-2 – колонна разделения изопентана от смеси нормального пентана с гексаном; К-3 – колонна стабилизации смеси нормального пентана с гексаном; К-5 – колонна разделения н-пентана и суммы гексанов; К-6 – колонна разделения суммы i-C6 от n-C6.

Для дальнейшей работы была произведена оценка адекватности построенной модели путем сопоставления фактических параметров работы установки и расчетных в среде HYSYS. Относительная погрешность материального и теплового балансов не превышает 5%. Это дает основание полагать, что построенная имитационная модель может быть применена для разработки мероприятий по повышению энерго- и ресурсосбережения установки изомеризации.

В **третьей главе** выявлен потенциал для повышения степени энерго- и ресурсосбережения на основе результатов математического моделирования, пинч-технологии, а также статистических данных, накопленных за весь срок эксплуатации установки изомеризации.

Определено существующее значение минимальной разности температур ΔT_{min} для технологической установки изомеризации, которое составляет 32 °С. Также выявлено, что это значение ΔT_{min} можно снизить до 30 °С путем изменения тепловой схемы. Таким образом, можно утверждать, что потенциал снижения

ΔT_{min} для установки изомеризации, при котором будет происходить сокращение потребления энергоресурсов, находится в пределах от 30 до 32 °С.

На рисунке 1 приведены композитные кривые для базового технологического процесса изомеризации. Пунктирной линией показан потенциал энергосбережения в большой области, в которой композитные кривые почти параллельны друг другу («зона перехода»). Это означает, что для достижения экономии в полном объеме необходимо иметь несколько теплообменников, которые работают при температуре на концах теплообменников, равных или близких к значению ΔT_{min} .

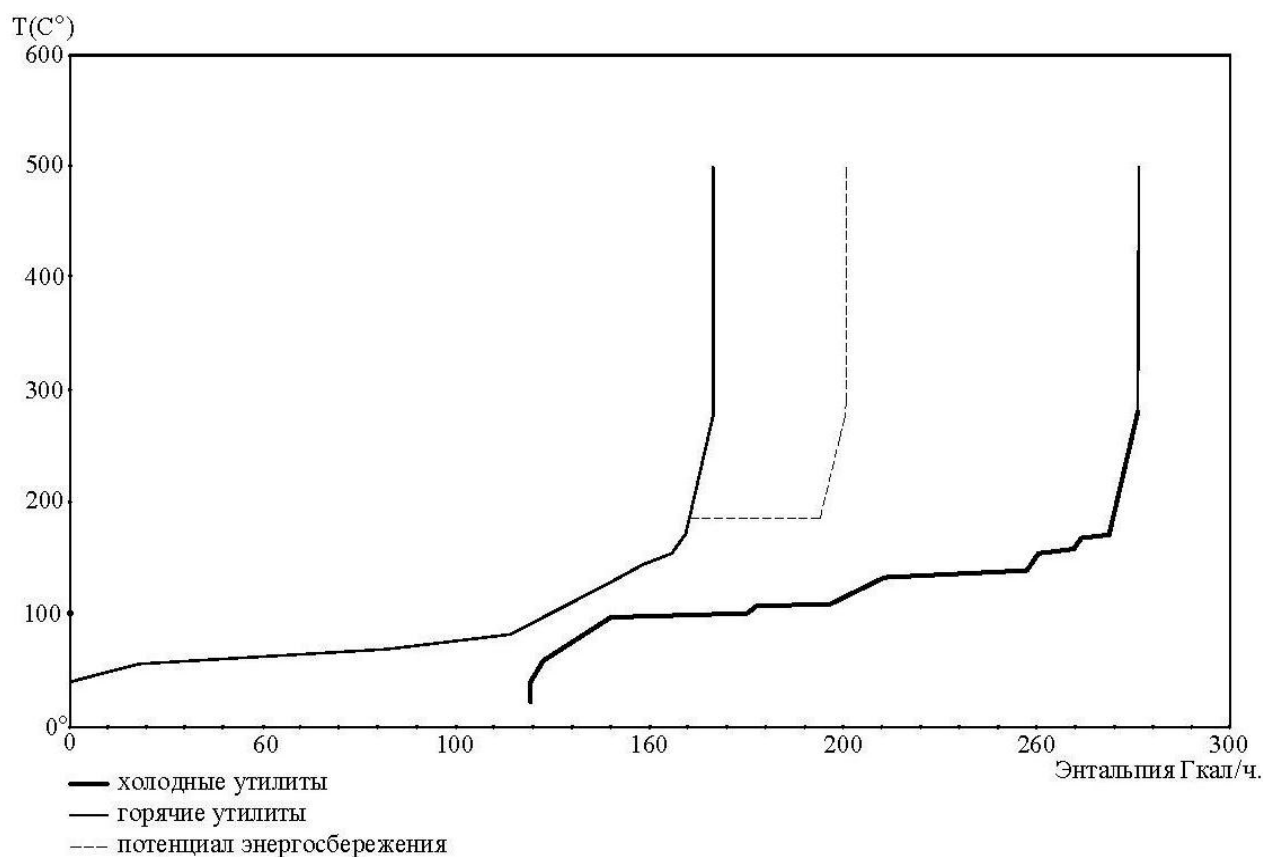


Рисунок 1— Композитные кривые установки изомеризации

Для достижения целевого значения энергопотребления необходимо изменить существующую тепловую схему установки следующим образом:

- блок теплообменников Т-1/1-5 имеет потенциал при условии увеличения площади теплообмена до проектной величины;

- теплообменник поз. Т-4 работает с большим температурным напором, что можно использовать для подогрева других потоков с большей эффективностью;

- исходя из нагрузок теплообменника поз. Т-10, а также в связи с наличием избыточного тепла технологических потоков существует возможность заменить теплоноситель в данном теплообменнике на технологический поток с соответствующими характеристиками.

На основе построенной схемы установки изомеризации в среде моделирования Aspen HYSYS и известных значений площади теплообменников был оценен общий коэффициент теплопереноса технологического процесса в линии подогрева. Рассчитанные значения площади теплопереноса сравнивались с проектными значениями для теплообменников аналогичного назначения. По результатам анализа выявлено, что рабочие значения площади теплопереноса сырьевых теплообменников поз. Т-1/1-5 ниже проектных значений на 36,8%. Это показывает, что теплообменники засорены и/или, что имеющаяся площадь теплопереноса меньше проектного значения в силу, например, засорения межтрубного пространства.

Четвертая глава посвящена совершенствованию эксплуатации установок изомеризации на основе полученных результатов математического моделирования и пинч-анализа.

На построенной базовой модели в среде Aspen HYSYS проведены исследования зависимости потерь целевых компонентов от расхода водородсодержащего газа (ВСГ) в сырье и давления в емкости Е-1, результаты которых показаны в виде 3D графика на рисунке 2.

Как видно из представленного графика, унос целевых компонентов сырья на факел прямо пропорционален расходу ВСГ, поступающего в сырье, и обратно пропорционален давлению в емкости Е-1.

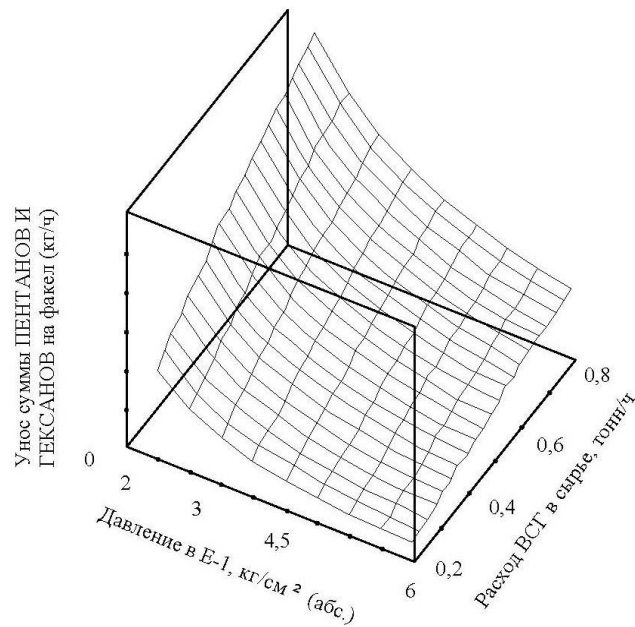


Рисунок 2 – Зависимость уноса целевых компонентов на факел от давления в емкости Е-1 и расхода ВСГ

Возможность сокращения расхода ВСГ до минимума отсутствует из-за содержания в сырье растворенного кислорода, поэтому есть необходимость проведения дополнительных исследований, заключающиеся в определении необходимого количества ВСГ при разном давлении для исключения образования кокса на поверхности теплообменного оборудования и катализатора гидроочистки. Результаты исследований представлены в виде графиков на рисунке 3.

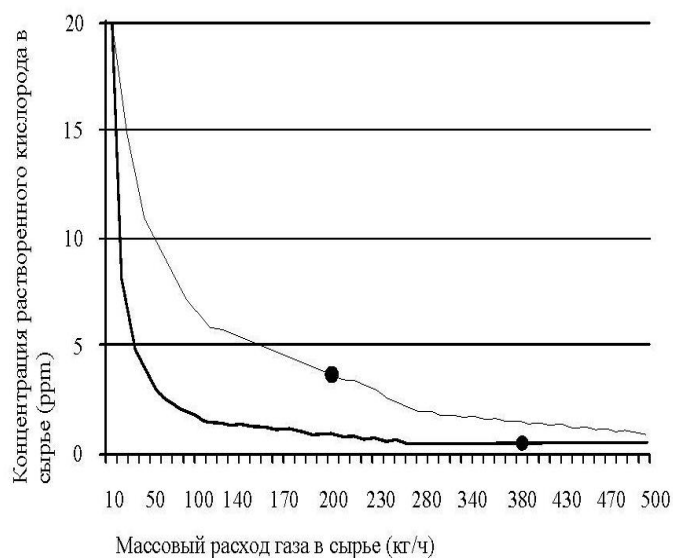


Рисунок 3 – Количество растворенного в сырье кислорода в зависимости от расхода ВСГ в сырье при давлении 1 и 4 кг/см² (изб.)

Исследования проводились при существующем давлении в 1 кг/см^2 (изб.), и при 4 кг/см^2 (изб.), необходимым для минимизации потерь целевых компонентов. Результаты, представленные в виде графиков, показывают, что при повышении давления до 4 кг/см^2 (изб.) будет достаточно поступления 200 кг/ч ВСГ в сырье. При этом концентрация растворенного в сырье O_2 не превысит 4 ппм. , а значит, не будет происходить образование кокса в межтрубном пространстве сырьевых теплообменников и появляется возможность для внедрения шестого корпуса теплообменника Т1/6, что также повысит уровень энерго- и ресурсосбережения установки изомеризации. На модели были рассмотрены альтернативные варианты с использованием технологических потоков установки, направленных в топливную сеть. Результат расчета применения газа колонны стабилизации вместо ВСГ представлен на рисунке 4.

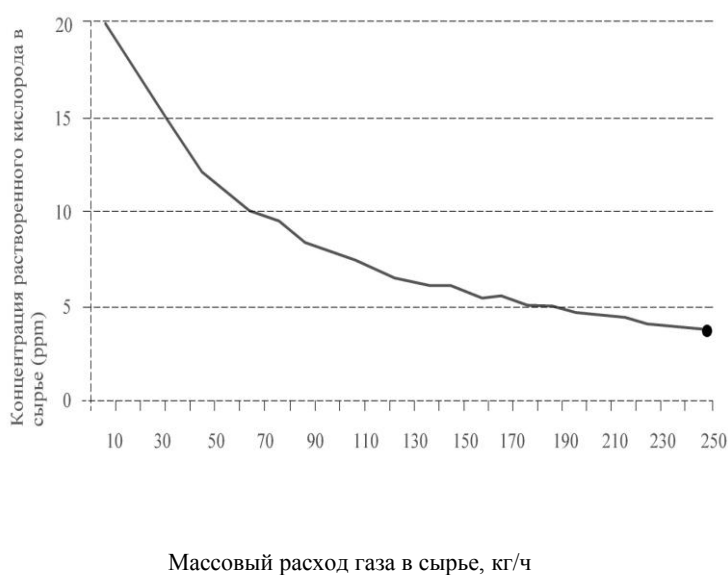


Рисунок 4 – Количество растворенного в сырье кислорода в зависимости от расхода газа колонны стабилизации при давлении 4 кг/см^2 (изб.)

Как видно из представленной на рисунке 4 зависимости, для снижения содержания кислорода в сырье достаточно подавать 250 кг/ч газа стабилизационной колонны К-3, который используется как топливо для печей.

Данного расхода гарантированно хватит для того, чтобы исключить риск образования твердых отложений кокса в межтрубном пространстве. Также

возможно отказаться от использования ВСГ, который является стратегическим ресурсом для проведения каталитических процессов. Этот вариант дает возможность направить сдуваемый из емкости Е-1 на факел газ в топливную сеть завода, что приведет к еще большему снижению потерь.

На примере математической модели колонны деизопентанизатора (К-2) была разработана и проверена универсальная методика, позволяющая определять место ввода сырья в колонну для обеспечения экономии энергоресурсов на создание паровой фазы в колонне.

Стандартная методика предусматривает анализ температур сырьевого потока и продукта на тарелке ввода. Предлагаемая методика предусматривает анализ соответствия группового состава сырья на месте ввода в колонну к составу на соответствующей тарелке ректификационной колонны. Для реализации данной методики необходимо знать качество сырьевых потоков, параметры работы оборудования и получаемые расчетные значения соотношений верхнего продукта колонны к кубовому, на этой основе принимается решение о месте ввода сырья в колонну.

Исследования, проведенные на базовой модели, показали, что покомпонентный состав жидкой фазы на тарелках ввода потоков питания (№ 20, 76) сильно отличается от состава самих потоков питания. Такое несоответствие составов является непосредственной причиной чрезмерно высокого уровня энергопотребления в колонне деизопентанизаторе. Наглядно это показано в таблице 1 в виде соотношения массовых расходов разделяемых компонентов (*i*-пентана и *n*-пентана).

Таблица 1– Углеводородный состав жидкой фазы на тарелках колонны

Компонент	Массовый расход, кг/ч			
	Рециркулят	76 тарелка	Стабильный гидрогенизат	20 тарелка
<i>i</i> -пентан	27406	3122000	15282,6	93580
<i>n</i> -пентан	10113	836660	22430,5	310600
Соотношение $i-C_5/n-C_5$	2,71	3,73	0,68	0,30

Таким образом, существенное снижение энергозатрат на выделение *i*-пентана может оказать изменение структуры ввода потока питания в сторону выравнивания составов на тарелках питания и сырьевых потоков.

При использовании универсальной методики предлагается в качестве основного варианта рассмотреть подачу рециркулята на 67 тарелку вместо 76, а стабильного гидрогенизата – на 33 тарелку вместо 20. В результате этой коррекции составы на тарелках колонны в большей степени соответствуют составу сырьевых потоков, как это показано в таблице 2.

Таблица 2 – Углеводородный состав жидкой фазы на тарелках колонны

Компонент	Массовый расход, кг/ч			
	Рециркулят	67 тарелка	Стабильный гидрогенизат	33 тарелка
<i>i</i> -пентан	27406	2588000	15282,6	129600
<i>n</i> -пентан	10113	911170	22430,5	229800
Соотношение <i>i</i> -C ₅ / <i>n</i> -C ₅	2,71	2,84	0,68	0,56

Изменение соотношения *i*-C₅/*n*-C₅ также представлено на концентрационных профилях колонны базового варианта работы и варианта с измененной структурой ввода потоков питания в колонну на рисунках 5 и 6.

Необходимо отметить, что при переходе на новый режим работы снизится нагрузка на холодильное оборудование колонны на 11,9% (с 127 до 111,9 ГДж/ч). По этой причине дополнительное снижение расхода орошения в колонне деизопентанизаторе, а соответственно и нагрузки рибойлера может быть достигнуто за счет снижения давления в колонне на 50 кПа с сохранением измененной структуры ввода питания в колонну. Известно, что снижение давления в колонне положительным образом сказывается на ее разделяющей способности, что является дополнительным преимуществом. Режимные параметры работы колонны деизопентанизатора при переходе к этому режиму работы представлены в сводной таблице 3.

Снижение давления в колонне приведет к дополнительному уменьшению расхода орошения на 7,1% (на 35,3 м³/ч), а нагрузки рибойлера – на 6% (на 7 ГДж/ч).

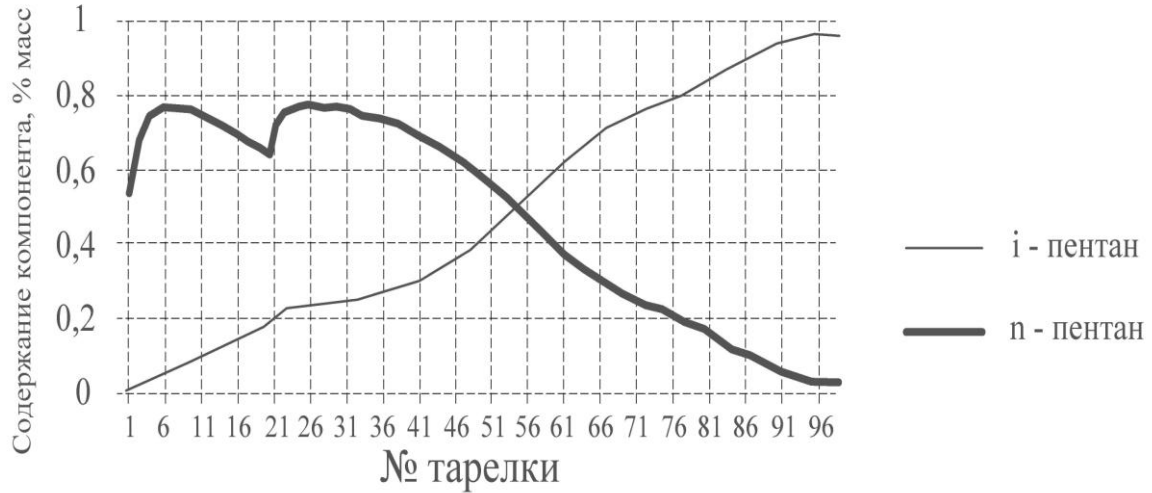


Рисунок 5 – Концентрационный профиль колонны деизопентанизатора по разделяемым компонентам при базовом режиме работы

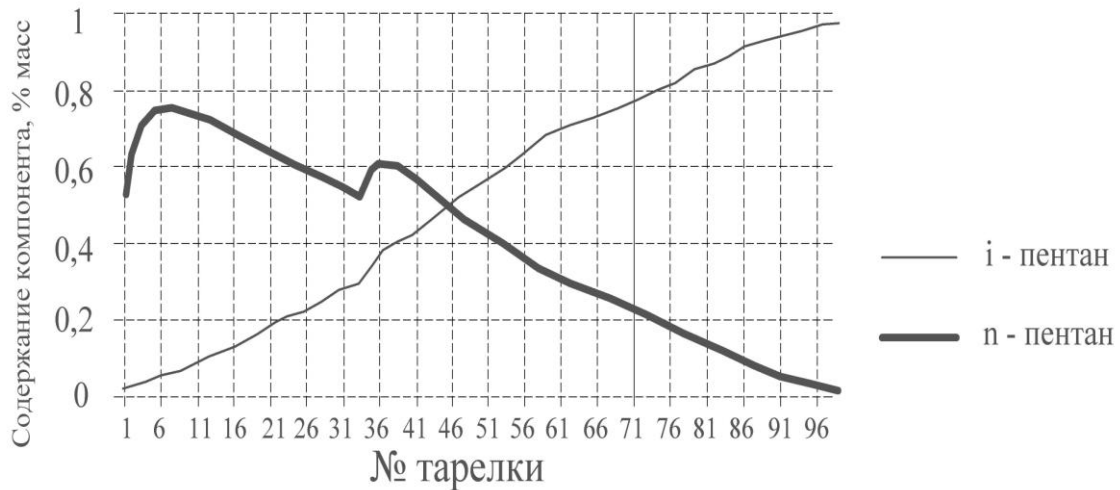


Рисунок 6 – Концентрационный профиль колонны деизопентанизатора по разделяемым компонентам при изменении места ввода сырья

Таблица 3 – Режимные параметры работы деизопентанизатора

Показатель	Значение		
	Штатный режим	Режим с изменением места ввода сырья	Режим с изменением места ввода сырья и сниженным давлением в колонне
Номер тарелки ввода питания	20, 76	33, 67	33, 67
Расход дистиллята, т/ч	44	44	44
Содержание <i>n</i> -пентана в дистилляте, % масс.	1,78	1,78	1,78
Расход орошения, м ³ /ч	575	498,3	463
Температура емкости орошения, °С	65	65	58,8
Нагрузка ребойлера, ГДж/ч	130,9	115,9	108,9
Нагрузка конденсатора, ГДж/ч	127	111,9	106,9

При переходе к этому режиму работы температура в рефлюксной емкости снизится на 6,2 °С и составит 58,8 °С.

Расчеты на основе уравнения теплопередачи (2) показывают (приняты значения °С для штатного режима и °С для режима с изменением номеров тарелок ввода питания и пониженным давлением), что произведение kF , вычисленное для штатного режима и для режима с измененной структурой ввода питания и пониженным давлением в колонне, практически не меняется:

$$Q = kF\Delta t_{cp}, \quad (2)$$

где Q – количество переданной теплоты, Дж; k – коэффициент теплопередачи, Дж/м²·°С; F – поверхность теплопередачи, м²; Δt_{cp} – средняя движущая разность температур, °С.

Проведенные оценочные расчеты показывают, что система конденсации и охлаждения паров колонны деизопентанизатора при переходе к рекомендуемому режиму будет работать стабильно. Снижение расхода орошения до уровня

463 м³/ч соответствует нормам технологического регламента (указанный диапазон 395 – 766 м³/ч). Качество продуктов при коррекции режима работы деизопентанизатора не меняется и соответствует нормам регламента (содержание *n*-пентана не должно превышать 2% масс.).

Для снижения образования отложений взвешенных частиц на поверхности водяных холодильников была разработана альтернативная схема подготовки воды для оборотного водоснабжения. Существующая система подготовки воды состоит из щелевого фильтра, который чистит только оборотную воду и только в период паводка переключается на фильтрацию подпиточной, при этом оборотная вода в этот период не фильтруется. Это приводит к быстрому засорению холодильного оборудования, в связи с чем установку приходится полностью останавливать для его очистки либо понижать загрузку установки по сырью из-за недостатка охлаждения верхних продуктов ректификационных колонн.

Альтернативная схема водоподготовки условно разделена на три стадии: на первом этапе происходит фильтрация подпиточной воды от шлама через сетчатый фильтр, задерживающий частицы до 50 мкм, а оборотной – на щелевом фильтре, имеющем такие же характеристики; на втором этапе два этих потока соединяются и попадают в ультрафиолетовый стерилизатор, где происходит обеззараживание воды от микробиологических загрязнений; третья стадия – это тонкая очистка воды в насыпном фильтре от остаточных взвешенных веществ и обеззараженных микробиологических загрязнений.

Данная система подготовки воды позволит гарантировать четырехлетний межремонтный пробег холодильного оборудования за счет уменьшения отложений взвешенных частиц, воздействия подшламовой коррозии и снизить затраты на его ремонт.

В пятой главе проведена оценка технико-экономической эффективности внедрения мероприятий по повышению степени энерго- и ресурсосбережения как по отдельности, так и в совокупности. Полученные результаты показывают, что суммарный экономический эффект от внедрения предложенных мероприятий по повышению энерго- и ресурсосбережения установки изомеризации составит

218,2 млн руб./год, что говорит о рентабельности данных мероприятий, дисконтированный срок окупаемости составит 1,5 года.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Произведен анализ работы установки изомеризации легких бензиновых фракций с построением модели в программной среде Aspen HYSYS.

2 На основе построенной модели колонны деизопентанизатора разработана универсальная методика, позволяющая определять место ввода сырья в ректификационную колонну для минимизации потребления энергоресурсов на стадии ее проектирования.

3 Установлено, что причиной образования твердых частиц кокса в межтрубном пространстве сырьевых теплообменников, приводящей к росту перепада давления в оборудовании и выходу его из строя, является присутствие в сырье растворенного кислорода в концентрации до 30 ppm. Найден и доказан эффективный способ решения проблемы закоксовывания теплообменников, позволяющий избежать возникновения данной проблемы как при проектировании новых технологических установок, так и на действующих установках. Он основан на введении ВСГ в сырье перед буферной емкостью и изменении режимных параметров работы самой емкости, что позволяет сдувать из нее газ, насыщенный кислородом, в топливную сеть установки и исключает образование отложений в межтрубном пространстве сырьевых теплообменников.

4 Разработана схема подготовки оборотного водоснабжения для установки изомеризации, с помощью которой можно добиться необходимого качества охлаждающей воды и тем самым увеличить межремонтный пробег установки до четырех лет, увеличить теплосъем в водяных холодильниках до 11% и снизить потребление реагентов для водоподготовки до 56%.

5 На основе проведенного комплексного обследования установки изомеризации даны рекомендации по повышению энергоэффективности и ресурсосбережения, которые в совокупности позволяют добиться экономии энергоресурсов до 20% .

б Ожидаемый экономический эффект от снижения затрат на энергоресурсы и сокращение безвозвратных потерь углеводов составляет 218,21 млн. руб. в год при затратах в 333,1 млн. руб. на реализацию предложенных рекомендаций. Срок окупаемости капитальных затрат составит не более 1,5 лет.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в следующих научных трудах:

в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1 Маленьких, В.С. Повышение энергоэффективности установки изомеризации/ В.С. Маленьких, С.В. Корнеев // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал /УГНТУ. – 2014. №4. – С.239–256. – режим доступа: <http://www.ogbus.ru>

2 Маленьких, В.С. Модернизация системы фильтрации воды для уменьшения отложений в холодильном оборудовании установки изомеризации/В.С. Маленьких, С.В. Корнеев // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2014. – №11. – С.10–17.

3 Маленьких, В.С. Параметрическая диагностика теплообменного оборудования/ В.С. Маленьких, А.М. Демин, М.А. Демин, С.В. Корнеев // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2015. – №5. – С.35–43.

4 Демин, А.М. Способы борьбы с отложениями в сырьевых теплообменниках установок гидроочисток дизельных топлив/ А.М. Демин, М.А. Демин, В.С. Маленьких, С.В. Корнеев // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2015. – №8. – С.32–38.

в других изданиях

5 Маленьких, В.С. Повышение энергоэффективности на Омском НПЗ с применением компьютерного моделирования/ В.С. Маленьких, А.М. Демин // 5-я научно-техническая конференция молодых специалистов «От проектного инжиниринга к строительному». – Омск, 2014. – 64 с.

6 Маленьких, В.С. Подбор высокоэффективного катализатора для процесса изомеризации/ В.С. Маленьких // Материалы 2-й науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов, студентов, творческой молодежи профильных предприятий и организаций, учащихся старших классов, посвященной 70-летию ОмГТУ «Техника и технология современного нефтехимического и нефтегазового производства» - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2012. – Кн. 1. – С.41–45.

7 Маленьких, В.С. Требования к качеству сырья для повышения эффективности процесса изомеризации/ В.С. Маленьких // Журнал научных и прикладных исследований. – 2013. – №8. – С.44-45.

8 Маленьких, В.С. Комплексная модернизация блока фракционирования установки гидроочистки бензинов каталитического крекинга/ В.С. Маленьких // Журнал научных и прикладных исследований. – 2013. – №8. – С.46–48.

9 Маленьких, В.С. Характеристики воды для оборотного водоснабжения для установки изомеризации/ В.С. Маленьких // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2013. – №8(86). – С. 159 –163.

10 Маленьких, В.С. Экономия по модели/ В.С. Маленьких, А.М. Демин, В.А. Фролов // Сибирская нефть. – 2014. – №10/117. – С.44–47.