

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА

DOI: 10.15593/2224-9400/2022.1.05

УДК 005.8

**А.С. Кожун, Д.Р. Валитова,
А.Р. Хафизов, У.И. Сафутдинова**

Уфимский государственный нефтяной
технический университет, Уфа, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Растущая обеспокоенность последствиями изменения климата обращает внимание ученых и практиков на источники и эффективность производства и потребления энергии. Сегодня на промышленность приходится около одной трети всего энергопотребления, это больше, чем на любой другой сектор экономики, и ожидается, что потребление энергии вырастет примерно на 11 % (0,4 % в год) в течение следующих 25 лет. Как известно, нефть является основным источником глобального спроса на энергию и ключевым компонентом транспортного топлива. В 2020 г. на нефть приходилось 34 % мирового потребления энергии и 36 % глобальных выбросов парниковых газов, в то время как транспортный сектор в США и ЕС потреблял 71 и 62 % от общего объема нефтепродуктов соответственно. В данном контексте вопросы соблюдения экологических стандартов, снижения уровня энергопотребления нефтеперерабатывающими заводами приобретают особую актуальность и значимость. С учетом вышеизложенного цель статьи заключается в рассмотрении перспективных путей повышения энергоэффективности установки первичной переработки нефти. Для достижения поставленной цели в работе использовался широкий инструментарий научного анализа, базирующийся на комплексном подходе и оптимальном сочетании различных методов, способов и приемов. В частности, нашел свое применение метод индукции и дедукции, сравнения, прогнозирования, систематизации, обобщения и моделирования. В ходе проведенного исследования было рассмотрено три перспективных подхода повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающих предприятий: замена теплообменного оборудования на более прогрессивное и совершенное, пинч-анализ, а также нагрев с прямым впрыском горячей струи и использованием гидронагревателя. Полученные результаты имеют практическую ценность, так как могут быть использованы на предприятиях, изготавливающих различные продукты нефтепереработки.

Ключевые слова: энергия, эффективность, предприятие, нефть, переработка, этанол, конденсат, теплообменник.

**A.S. Kozhun, D.R. Valitova,
A.R. Khafizov, U.I. Safutdinova**

Ufa State Oil Technical University, Ufa, Russian Federation

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE PRIMARY OIL REFINERY

Growing concern about the effects of climate change is drawing the attention of scientists and practitioners to the sources and efficiency of energy production and consumption. Today, industry accounts for about one-third of all energy consumption, more than any other sector of the economy, and its energy consumption is expected to grow by about 11 % (0.4 % per year) over the next 25 years. In this context, oil is the main source of global energy demand and the main component of transport fuel. In 2020, oil accounted for 34 % of global energy consumption and 36 % of global greenhouse gas emissions, while the transport sector in the US and EU consumed 71 % and 62 % of total petroleum products, respectively. In this context, the issues of compliance with environmental standards, reducing the level of energy consumption by oil refineries are of particular relevance and importance. In view of the foregoing, the purpose of the article is to consider promising ways to improve the energy efficiency of the primary oil refining unit. To achieve this goal, the work used a wide range of scientific analysis tools based on an integrated approach and the optimal combination of various methods, methods and techniques. In particular, the method of induction and deduction, comparison, forecasting, systematization, generalization and modeling was used. In the course of the study, three promising approaches to improve the energy efficiency of oil refineries were considered: replacement of heat exchange equipment with more advanced and advanced ones, pinch analysis and heating with direct injection of a hot jet using a hydroheater. The results obtained are of practical value, because can be used at enterprises manufacturing various refined products.

Keywords: energy, efficiency, enterprise, oil, processing, ethanol, condensate, heat exchanger.

Развитая нефтеперерабатывающая промышленность – это важный элемент хозяйственного комплекса страны в целом, который вносит существенный вклад в устойчивость и эффективность функционирования экономики, а также составляет один из факторов ее энергетической независимости. Движущими силами прогресса нефтеперерабатывающей промышленности в мире является растущий спрос на нефтепродукты, превышающий возможности имеющихся нефтеперерабатывающих мощностей, а также достаточно высокие прибыли отрасли (маржа нефтепереработки) [1].

Важность нефтеперерабатывающей отрасли для национальной экономики объясняется следующими факторами.

Во-первых, нефтеперерабатывающая промышленность является источником обеспечения нефтепродуктами транспортной отрасли, без которой невозможно существование экономики ни одной страны.

Во-вторых, максимальный уровень обеспечения потребности хозяйственного комплекса нефтепродуктами позволяет кардинально повысить уровень энергетической безопасности. Нефтеперерабатывающая промышленность также обеспечивает оборонную сферу государства [2].

В-третьих, эффективная работа нефтеперерабатывающих мощностей дает значительные поступления в бюджет страны, как за счет продажи нефтепродуктов, так и их экспорта, причем поступления от нефтеперерабатывающей отрасли в условиях роста цен на нефть имеют тенденцию к увеличению.

В-четвертых, в условиях роста потребления нефтепродуктов в мире, в первую очередь за счет увеличения парка автомобилей, строятся новые и расширяются существующие мощности нефтеперерабатывающих заводов, что создает дополнительные рабочие места.

В-пятых, на высокотехнологичных нефтеперерабатывающих предприятиях получают более 500 наименований конечных продуктов и полупродуктов, которые используются в процессе производства электроэнергии, перекачивании различных веществ и т.д. и являются сырьем для нефтехимии, строительной и других важных отраслей промышленности [3].

Однако в связи с растущей озабоченностью экологической и энергетической безопасностью детальное понимание энергоэффективности и выбросов парниковых газов в нефтеперерабатывающей промышленности имеет решающее значение для проведения справедливой и равноправной политики по охране окружающей среды, так как эта отрасль, наряду с химической, бумажно-металлургической, является наиболее энергоемкой (рис. 1).

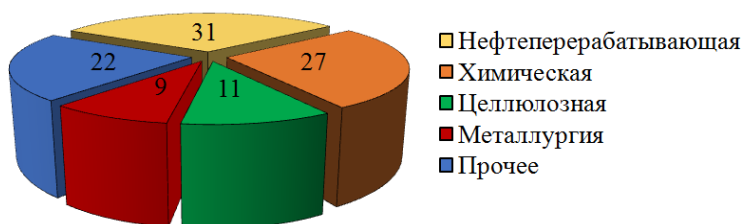


Рис. 1. Энергоемкость отраслей промышленности, % [4]

На переработку сырой нефти приходится 6–8 % всего мирового промышленного потребления энергии, при этом затраты на энергию составляют до 50 % от общих эксплуатационных расходов для некоторых нефтеперерабатывающих заводов. Например, на атмосферную и вакуумную перегонку сырой нефти зачастую приходится до 30 % от общего

энергопотребления нефтеперерабатывающего завода. Однако правильная оптимизация процессов может снизить этот показатель на 25 % [5]. Кроме того, если бы каждый нефтеперерабатывающий завод перешел на более эффективные и компактные сварные пластинчатые теплообменники для всех своих процессов, то это позволило бы сократить потребление энергии на 23 %, а глобальные выбросы углерода на 245 млн т [6].

Таким образом, вопросы повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающих заводов являются на сегодняшний день очень актуальными, что предопределяет выбор темы данной статьи, а также подтверждает ее теоретическую и практическую значимость.

Прикладным аспектам решения проблемы стимулирования внедрения инноваций в контексте повышения энергоэффективности производственных процессов посвящены труды таких ученых, как Р.Ф. Валиев, Т.С. Мещерякова, О.В. Кондраков, В.Ю. Мишаков, Xue Fei; Gao Fei; Sumi Murugan Suganthi; M. Sherman.

Перспективы энергоэффективного развития предприятий нефтеперерабатывающей промышленности в общем контексте борьбы с экологическими угрозами детально освещены в трудах И.Д. Налетова, Н.Т. Амосова, А.С. Каукина, R.S. de Lima; R. Schaeffer; Hong-dian Jiang; Kang-yin Dong.

Детальный анализ энергосберегающих технологий в нефтеперерабатывающем комплексе с точки зрения их экономического эффекта и перспектив внедрения входит в круг научных интересов С.С. Родина, Ю.Л. Зотова, В.Ю. Морошкина, M.B. Noureldin; F. Almousa, Chansu Lim; Jongsu Lee.

Однако, несмотря на широкий круг работ, посвященных рассматриваемой проблематике, необходимо отметить, что внимание исследователей преимущественно уделяется вопросам энергоэффективности на государственном или региональном уровне, а особенности применения энергосберегающих мер и способы обеспечения энергоэффективного развития предприятий остаются открытыми. Также без внимания остаются ключевые моменты интеграции методологии формирования проектных предложений к управлению инвестициями в данной сфере и срокам их окупаемости.

С учетом вышеизложенного не подлежит сомнению тот факт, что для обеспечения системности, согласованности и контроля мер, реализуемых в рамках энергополитики нефтеперерабатывающих предприятий, механизмы управления процессами энергосбережения и повы-

шения энергоэффективности должны быть четко формализованы и учитывать определенную совокупность факторов.

Отдельного внимания заслуживают перспективы использования высокотемпературных реакторов, реакторов с коррозионно-стойкими металлическими и керамическими футеровками и сложных средств управления процессом переработки нефти, которые согласно прогнозам способны обеспечить от 10 до 20 % экономии энергии.

В связи с этим цель статьи заключается в рассмотрении перспективных путей повышения энергоэффективности установки первичной переработки нефти.

Как известно, энергоэффективная переработка нефти начинается с эффективного проектирования оборудования. Передовая международная практика свидетельствует о том, что центральное место в этом процессе занимают интегрированные методы проектирования. Они рассматривают предприятие как единую систему и стремятся свести к минимуму общее потребление энергии в ожидаемом диапазоне рабочих условий при максимальном увеличении производительности [7].

Модули энергоэффективности, касающиеся оптимизации энергопотребления на уровне объекта/процесса, включают: инновационные тепловые системы, пинч-анализ, энергоэффективную активацию, зеленые доработки, замену теплообменного оборудования и т.д.

Рассмотрим некоторые из этих методов более подробно.

Замена теплообменного оборудования. Эффективные технологии теплообмена в сочетании с технологическими и прикладными ноу-хау могут помочь нефтеперерабатывающим предприятиям оптимизировать использование энергии и сократить выбросы [8]. Инновационными на сегодняшний день являются следующие теплообменники.

1. Теплообменники с перегородками из просечно-вытяжного листа. Такой теплообменник имеет расширенную металлическую решетку, изготовленную из листового материала, который был разрезан и расширен (рис. 2).

Расширенные металлические перегородки создают открытую структуру потока, обеспечивая продольный поток со стороны корпуса, что снижает потери давления в теплообменнике.

Жидкость со стороны межтрубного пространства течет по трубам, и площадь потока сужается на каждом пересечении перегородки, создавая локальную турбулентность и увеличивая скорость при разрушении пограничного слоя вокруг труб. Форма решетки создает локальную состав-

ляющую поперечного потока в дополнение к продольной схеме объемного потока, улучшая характеристики теплопередачи теплообменника [9]. Потеря давления эффективно преобразуется в улучшенную теплопередачу, поскольку пограничный слой многократно разрушается на каждой расширенной металлической перегородке по всей длине пучка.



Рис. 2. Теплообменник, в котором трубы проложены через ромбовидные пустоты

2. Теплообменник с витыми трубами. Трубки формируются с помощью уникального процесса, в результате которого получается овальное поперечное сечение с наложенной спиралью, обеспечивающей спиралевидный путь потока со стороны трубки. Считается, что процесс формования позволяет сохранить равномерную толщину стенок трубки, сохраняя механическую целостность материала [10].

Спиралевидные трубки собираются в пучок на треугольном шаге, по одному ряду за раз, при этом каждая трубка поворачивается для выравнивания витков в каждой плоскости по длине пучка (рис. 3).

Таким образом, каждая трубка прочно и многократно поддерживается соседними трубками, что помогает устранить их вибрацию. Затем готовый пучок плотно обвязывается по окружности, чтобы исключить смещение трубок, в результате чего получается прочный и надежный модуль. Скрученная конструкция с выровненными зазорами между трубками также обеспечивает свободные дорожки для промывки со стороны оболочки, что делает промывку водой под высоким давлением эффективным методом очистки.

Отдельный акцент в процессе рассмотрения способов повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающего оборудования необходимо сделать на ультратонких масштабируемых графеновых покры-

тиях конденсаторных трубок, полученных химическим осаждением из паровой фазы, при содействии капельной конденсации, что позволяет обеспечить химическую стабильность и низкую термостойкость [11]. Идея не совсем нова: в прошлом для усиления образования капель использовались полимерные покрытия, но они имели тенденцию к быстрому разрушению. Если делать их толще, чтобы компенсировать деградацию, улучшение теплопередачи сводилось бы на нет.

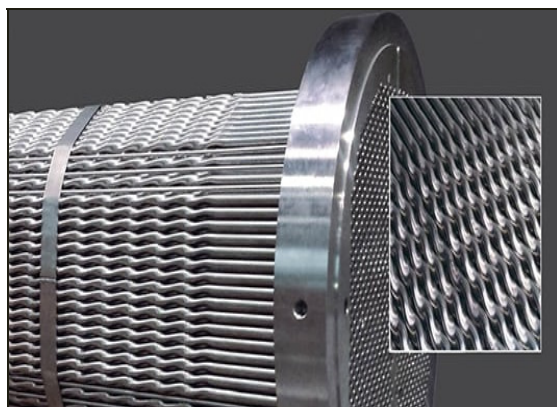


Рис. 3. Устройство теплообменника с витыми трубами

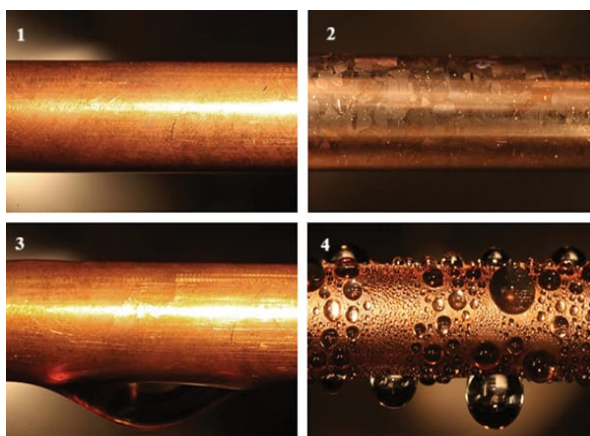


Рис. 4. Эффективная конденсация с помощью графенового покрытия. Медная конденсаторная трубка без покрытия (1) показана рядом с аналогичной трубкой, покрытой графеном (2). При воздействии водяного пара при температуре 100 °С на трубке без покрытия образуется неэффективная водяная пленка (3), в то время как на трубке с покрытием наблюдается более желательная капельная конденсация (4)

Графен – самый тонкий из известных человеку материалов – всего один атом толщиной, но он также невероятно прочен (примерно в 200 раз

прочнее стали). Команда Массачусетского технологического института продемонстрировала, что графеновое покрытие может увеличить теплопередачу в четыре раза по сравнению с пленочной конденсацией (рис. 4) и, по некоторым оценкам, способно привести к повышению общей эффективности нефтеперерабатывающего завода на 2–3 % [12]. Повышение эффективности на эту сумму приведет к годовой экономии топлива более чем на 1 млн долл. для среднего предприятия.

Пинч-анализ. Пинч-анализ является ведущим методом в области интеграции процессов и рассматривается как важнейшее решение проблемы энергоэффективности на нефтеперерабатывающих предприятиях [13]. На базе этого подхода осуществляется целенаправленная и приоритетная интеграция различных энергетических систем и процессов. Основное применение – проектирование сетей теплообменников или линий предварительного нагрева для обеспечения высокой энергоэффективности и низкого уровня выбросов, как для новых проектов установок, так и для модернизации уже действующих.

Основные показатели внедрения пинч-анализа на нефтеперерабатывающем предприятии

Характеристика	Описание
Область применения	Технологические установки со значительным спросом на покупное отопление (50 МВт/ч или более), особенно если процесс имеет сложную систему предварительного нагрева
Ориентировочные капитальные затраты	Как правило, консультационные услуги и программное обеспечение сравнительно недороги. Минимальная стоимость 10 тыс. долл.
Прогнозная операционная эффективность	Сокращение на 10–25 % покупного топлива в нефтеперерабатывающих установках
Потенциал сокращения выбросов парниковых газов	До 25 % от общего объема выбросов парниковых газов нефтеперерабатывающих заводов
Время на проектировку и установку	От 6 месяцев до 2 лет
Типовой объем описания работ	Благодаря наличию программного обеспечения инженеры самого предприятия могут проводить пинч-анализ, по крайней мере, на базовом уровне. Однако наиболее сложные работы по пинч-анализу выполняются специализированными консультантами

Вместе с анализом химической эксергии технология пинч-анализа позволяет проектировать промышленные процессы нефтеперерабатывающих заводов с максимальными сетями рекуперации энергии. Прогнозирование перспективных пар потоков для теплообмена является важным

результатом для максимизации интеграции тепла. В свою очередь, снижается зависимость от внешних коммуникаций, улучшая общую производительность процесса в направлении устойчивого развития [14]. В таблице приведены основные затраты по внедрению пинч-анализа на нефтеперерабатывающем предприятии, а также его эффективность.

Нагрев с прямым впрыском горячей струи и использованием гидронагревателя. Эта технология не только снижает нагрузку в БТЕ, необходимую для котла, за счет рециркуляции паров разгерметизации, но и уменьшает нагрузку на градирню для более благоприятного водного баланса. Кроме того, предприятие по выпуску продуктов нефтепереработки, например этанола, может добиться значительной экономии энергии за счет уменьшения объема потока через испаритель. Система снижает потребление воды, что приводит к более благоприятному соотношению используемой воды и производимого продукта [15].

Также использование нагрева с прямым впрыском горячей струи позволяет устранить колебания давления в ректификаторе, что приводит к более последовательному удалению сивушных масел и улучшению ферментации. Что касается экономии энергии, то применение данной системы может сэкономить до \$100 000 в год на энергозатратах (из расчета производства этанола около 200 млн л в год). Первоначальные инвестиции окупаются за 2 года. Благодаря снятию тепловой нагрузки от паров разгерметизации с конденсатора, в градирне используется меньше подпиточной воды, что позволяет снизить ее расход на 5–6 л в минуту.

Таким образом, подводя итоги, отметим, что использование энергоэффективных технологий в промышленности в целом и в отрасли нефтепереработки в частности позволит решить ряд вопросов как глобального (ограниченность энергетических ресурсов, климатические изменения), так и национального характера (обеспечение энергетической независимости и энергетической безопасности, а также рост конкурентоспособности национальной экономики и т.п.).

Для повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающими заводами целесообразно использовать прогрессивное теплообменное оборудование, пинч-анализ, технологии прямого впрыска горячей струи, что позволит прежде всего экономить энергию, а также обеспечит широкий спектр вторичных преимуществ, таких как увеличение производственных мощностей, повышение выхода и качества продукции, более надежное время безотказной работы оборудования и снижение капитальных вложений на модернизацию производственных цепочек.

Список литературы

1. Zhao Fu. Assessment of efficiency improvement and emission mitigation potentials in China's petroleum refining industry // *Journal of cleaner production*. – 2021. – Vol. 280, no. P2. – P. 113–117.
2. Lim Chansu. An analysis of the efficiency of the oil refining industry in the OECD countries // *Energy policy*. – 2020. – Vol. 142. – P. 89–95.
3. Родин С.С. Совершенствование технологии получения высоковязких масел с помощью эффективного перераспределения энергетических ресурсов // *Тонкие химические технологии*. – 2020. – Т. 15, № 1. – С. 37–45.
4. Jia Feng-Rui. Paraffin-based crude oil refining process unit-level energy consumption and CO₂ emissions in China // *Journal of cleaner production*. – 2020. – Vol. 255. – P. 231–243.
5. Канищев М.В., Мешалкин В.П., Ульев Л.М. Определение энергоэффективности установки первичной переработки нефти // *Территория Нефтегаз*. – 2019. – № 7-8. – С. 80–92.
6. Овчинников К.А., Першина К.В. Повышение энергоэффективности технологических схем с применением трубчатых печей при подготовке нефти // *ПРОнефть. Профессионально о нефти*. – 2021. – Т. 6, № 1. – С. 59–63.
7. Васильева Е.К. Анализ практики повышения энергоэффективности в нефтедобыче // *Академия педагогических идей Новация. Серия: Научный поиск*. – 2020. – № 1. – С. 40–43.
8. Лядов А.С., Короленко И.А. Энергоменеджмент в производственных процессах переработки нефти: европейский подход // *Главный энергетик*. – 2021. – № 9. – С. 40–45.
9. Abdeev Eldar. Development of energy-efficient techniques and technology for environmentally friendly microwave processing of oil sludge // *IOP conference series. Earth and environmental science*. – 2020. – Vol. 578. – P. 16–21.
10. Alternative integration strategies for simultaneous energy recovery and separation of oil sands pyrolysis products / Zhang Zisheng [et al.] // *Fuel*. – 2019. – Vol. 249. – P. 400–410.
11. Табачникова Т.В., Юмалин А.В., Швецов Л.В. Автоматизированные системы мониторинга и технического диагностирования как перспективы электротехнического развития в нефтегазовой отрасли // *Ашировские чтения*. – 2019. – Т. 1, № 1 (11). – С. 369–373.
12. Stephen A. Roosa. International solutions to sustainable energy, policies and applications. – Lilburn: Fairmont, 2020. – 278 p.
13. Ian C. Kemp, Jeng Shiun Lim. Pinch analysis for energy and carbon footprint reduction: user guide to process integration for the efficient use of energy. – Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2020. – 143 p.
14. Юшкова Е.А. Структурная оптимизация эксергетическим пинч-анализом // *Энергобезопасность и энергосбережение*. – 2020. – № 5. – С. 37–41.

15. Скворцов С.А., Косицына С.С. Оптимизация технологических потоков установки первичной переработки нефти с целью повышения энергоэффективности НПЗ // Научно-практические исследования. – 2020. – № 5–9 (28). – С. 77–78.

References

1. Zhao, Fu Assessment of efficiency improvement and emission mitigation potentials in China's petroleum refining industry. *Journal of cleaner production*. 2021. Volume 280: Number P2; pp. 113-117.

2. Lim, Chansu An analysis of the efficiency of the oil refining industry in the OECD countries. *Energy policy*. 2020. Volume 142; pp. 89-95.

3. Rodin S.S. Sovershenstvovanie tehnologii poluchenija vysokovjazkih masel s pomoshh'ju jeffektivnogo pereraspredelenija jenergeticheskikh resursov [Improving the technology for obtaining high-viscosity oils using the efficient redistribution of energy resources]. *Tonkie himicheskie tehnologii*. 2020. no 1, pp. 37-45.

4. Jia, Feng-Rui Paraffin-based crude oil refining process unit-level energy consumption and CO2 emissions in China. *Journal of cleaner production*. 2020. Volume 255; pp. 231-243.

5. Kanishhev M.V., Meshalkin V.P., Ul'ev L.M. Opredelenie jenergojeffektivnosti ustanovki pervichnoj pererabotki nefi [Determination of the energy efficiency of the primary oil refining unit]. *Territorija Neftegaz*. 2019. no 7-8, pp. 80-92.

6. Ovchinnikov K.A., Pershina K.V. Povyshenie jenergojeffektivnosti tehnologicheskikh shem s primeneniem trubchatyh pechej pri podgotovke nefi [Improving the energy efficiency of technological schemes with the use of tube furnaces in the preparation of oil]. *PRONEFT'. Professional'no o nefi*. 2021. no 1, pp. 59-63.

7. Vasil'eva E.K. Analiz praktiki povyshenija jenergojeffektivnosti v neftedobyche [Analysis of the practice of improving energy efficiency in oil production]. *Akademija pedagogicheskikh idej Novacija. Serija: Nauchnyj poisk*. 2020. no 1, pp. 40-43.

8. Ljadov A.S., Korolenko I.A. Jenergomenedzhment v proizvodstvennyh processah pererabotki nefi: evropejskij podhod [Energy management in the production processes of oil refining: a European approach]. *Glavnyj jenergetik*. 2021. no 9, pp. 40-45.

9. Abdeev, Eldar Development of energy-efficient techniques and technology for environmentally friendly microwave processing of oil sludge. *IOP conference series. Earth and environmental science*. 2020. Volume 578; pp. 16-21.

10. Zhang, Zisheng et al. Alternative integration strategies for simultaneous energy recovery and separation of oil sands pyrolysis products. *Fuel*. 2019. Volume 249; pp. 400-410.

11. Tabachnikova T.V., Jumalin A.V., V Shveckova L. Avtomatizirovannye sistemy monitoringa i tehničeskogo diagnostirovanija kak perspektivy

jelektrotehnicheskogo razvitija v neftegazovoj otrasli [Automated systems of monitoring and technical diagnostics as prospects for electrical development in the oil and gas industry]. *Ashirovskie chtenija*. 2019. no 1 (11), pp. 369-373.

12. International solutions to sustainable energy, policies and applications / Stephen A. Roosa. Lilburn: Fairmont, 2020. 278 p.

13. Pinch analysis for energy and carbon footprint reduction: user guide to process integration for the efficient use of energy / Ian C. Kemp, Jeng Shiun Lim. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2020. 143 p.

14. Jushkova E.A. Strukturnaja optimizacija jeksergeticheskimi pinch-analizom [Structural optimization by exergy pinch analysis]. *Jenergobezopasnost' i jenergosberezhenie*. 2020. no 5, pp. 37-41.

15. Skvorcov S.A., Kosicyna S.S. Optimizacija tehnologicheskikh potokov ustanovki pervichnoj pererabotki nefti s cel'ju povyshenija jenergojeffektivnosti NPZ [Optimization of technological flows of the primary oil refining unit in order to improve the energy efficiency of the refinery]. *Nauchno-prakticheskie issledovanija*. 2020. no 5-9 (28), pp. 77-78.

Об авторах

Кожун Артем Сергеевич (Уфа, Россия) – магистр 2-го курса, кафедра «Технологии нефти и газа», Уфимский государственный нефтяной технический университет (450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: ne-123@mail.ru).

Валитова Диана Рафаэлевна (Уфа, Россия) – магистр 2-го курса, кафедра «Технологии нефти и газа», Уфимский государственный нефтяной технический университет (450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: v25diana@mail.ru).

Хафизов Айдар Рифович (Уфа, Россия) – магистр 2-го курса, кафедра «Технологии нефти и газа», Уфимский государственный нефтяной технический университет (450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: hafizov98@list.ru).

Сафутдинова Ульяна Ильфритовна (Уфа, Россия) – магистр 2-го курса, кафедра «Технологии нефти и газа», Уфимский государственный нефтяной технический университет (450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: ulianasafutdinova@yandex.ru).

About the authors

Artem S. Kozhun (Ufa, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Oil and Gas Technology, Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064; e-mail: ne-123@mail.ru).

Diana R. Valitova (Ufa, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Oil and Gas Technology, Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064; e-mail: v25diana@mail.ru).

Aidar R. Khafizov (Ufa, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Oil and Gas Technology, Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064; e-mail: xafizov98@list.ru).

Uliana I. Safutdinova (Ufa, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Oil and Gas Technology, Ufa State Oil Technical University (1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064; e-mail: ulianasafutdinova@yandex.ru).

Поступила: 24.01.2022

Одобрена: 02.02.2022

Принята к публикации: 15.03.2022

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Повышение энергоэффективности установки первичной переработки нефти / А.С. Кожун, Д.Р. Валитова, А.Р. Хафизов, У.И. Сафутдинова // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2022. – № 1. – С. 64–76.

Please cite this article in English as:

Kozhun A.S., Valitova D.R., Khafizov A.R., Safutdinova U.I. Improving the Energy efficiency of the Primary Oil Refinery. *Bulletin of PNRPU. Chemical Technology and Biotechnology*, 2022, no. 1, pp. 64-76 (*In Russ*).