

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2025)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/TPDW7598>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/FQLZ6648>**Р. М. Дюсова¹, Е. А. Жакманова², Г. Ж. Сейтенова³**¹Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;²Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана;³Объединение юридических лиц «Ассоциация производителей и потребителей нефтегазохимической продукции (Нефтегазохимическая Ассоциация)», Республика Казахстан, г. Астана.¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-5255>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0545-5912>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6202-3951>*e-mail: rizagul.dyussova@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И РЕЖИМОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

В условиях роста стоимости энергоресурсов и ужесточения экологических требований вопросы повышения энергоэффективности становятся ключевыми для процессов каталитического риформинга, являющегося важнейшей технологией в производстве высокооктановых бензинов, ароматических углеводородов и сырья для нефтегазохимии. Настоящая работа направлена на исследование возможностей оптимизации тепловых потоков и режимов работы оборудования с целью снижения удельного энергопотребления без проведения масштабной реконструкции установок. На основе данных действующей установки каталитического риформинга проведён тепловой и энергетический анализ, рассчитан тепловой баланс, определены потери теплоты, а также проанализирована эффективность водородной циркуляции. Построена математическая модель процесса с возможностью варьирования ключевых параметров (температура, давление, расход сырья и ВСТ), состава сырья. В результате моделирования показано, что внедрение перекрестных теплообменников, закрытие водородного цикла и стабилизация температурных режимов позволяет снизить энергопотребление на 6–7 %, повысить эффективность использования водорода и

стабилизировать качество реформата. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения комплексного подхода к энергоэффективности реформинга и соответствуют международной практике в области устойчивого развития нефтепереработки. Разработанный подход может быть использован в качестве основы для создания цифровых инструментов мониторинга и оптимизации технологических параметров в режиме реального времени.

Ключевые слова: энергоэффективность, каталитический реформинг, режим работы, параметры, тепловой поток

Введение

Каталитический реформинг является ключевым процессом в нефтепереработке, обеспечивая производство высокооктановых компонентов бензина и ценных ароматических углеводородов. Значимость возрастает в условиях повышения требований к качеству моторных топлив и необходимостью повышения рентабельности переработки нефти. Однако данный процесс также характеризуется высокой энергоемкостью, связанной с необходимостью поддержания высоких температур и обеспечением достаточной циркуляции водорода для предотвращения коксования катализатора.

В современных условиях нефтеперерабатывающая отрасль сталкивается с рядом вызовов, включая рост стоимости энергоресурсов, ужесточение экологических норм и необходимость устойчивого развития. Это требует внедрения эффективных технических решений, направленных на снижение удельного энергопотребления и повышение ресурсоэффективности производственных процессов. В частности, оптимизация тепловых потоков и рациональное управление водородной циркуляцией позволяют существенно повысить энергоэффективность установок реформинга без масштабной реконструкции оборудования.

Международный опыт показывает, что внедрение интегрированных теплообменных схем и технологий рекуперации теплоты, а также цифровизация и моделирование технологических режимов, способны сократить энергопотребление на 5–10 % и повысить энергетическую эффективность. Однако практическая реализация этих решений требует учета специфики сырья, характеристик установок и условий эксплуатации на конкретных НПЗ.

Цель настоящей работы – исследовать возможности повышения энергоэффективности процессов каталитического реформинга за счёт оптимизации теплового баланса. В статье представлены методика расчета тепловых потоков, анализ текущих потерь, а также предложены направления

для технологической оптимизации с учётом современных подходов к управлению тепловыми и водородными ресурсами.

Энергоэффективность процессов каталитического риформинга является одним из приоритетных направлений в нефтеперерабатывающей промышленности, так как данный процесс традиционно потребляет значительные объёмы топлива и водорода для поддержания высокой температуры реакций и предотвращения коксования катализатора.

Исследования последних лет подчеркивают важность тепловой интеграции, цифрового моделирования и управления водородным циклом как ключевых направлений повышения энергоэффективности [1]. В частности, по данным [2], внедрение схем внутреннего рекуперационного теплообмена позволяет сократить потребление тепла до 15–18 % при стабильном выходе риформата. Это достигается за счет оптимального распределения тепловых потоков между реакторами, печами и теплообменниками.

Другие исследователи [3] акцентируют внимание на важности оптимизации водородной циркуляции. Избыточный поток водорода снижает эффективность реакций дегидроциклизации, а недостаточный – приводит к закоксовыванию катализатора.

В ряде работ [4; 5] применялись методы эксергетического анализа для оценки потенциальных зон энергетических потерь в риформинге. Авторы показали, что наибольшие потери приходятся на печи подогрева и стадии охлаждения продукта, что делает обоснованным применение теплообменных сетей с гибкой регулировкой потоков.

Дополнительно, в исследовании [6] рассматривается влияние состава сырья на тепловую нагрузку и эффективность каталитических реакций. В частности, сырьё с высоким содержанием парафинов требует большего теплового ввода для инициации дегидроциклизации, но также потенциально дает более высокий выход ароматических соединений при надлежащем управлении температурным режимом.

Таким образом, ключевыми подходами, подтвержденными международной практикой и научной литературой, являются:

- оптимизация тепловых потоков внутри установок риформинга;
- управление параметрами водородного цикла;
- учет состава сырья при расчетах теплового баланса;
- применение цифровых и гибридных моделей для настройки режимов;
- оценка эффективности через показатели эксергии и удельного энергопотребления.

В следующем разделе будет представлена методика теплового анализа и моделирования с учётом условий работы отечественного НПЗ и специфики перерабатываемого сырья

Материалы и методы

Характеристика установки и сырья. Исходной основой послужили реальные данные установки риформинга на отечественном НПЗ. Входным сырьем является стабильный нафтовый дистиллят с варьирующимся содержанием парафиновых и нафтеновых углеводородов. Были использованы хроматографические данные для построения компонентного состава фракций (рис. 1; 2).

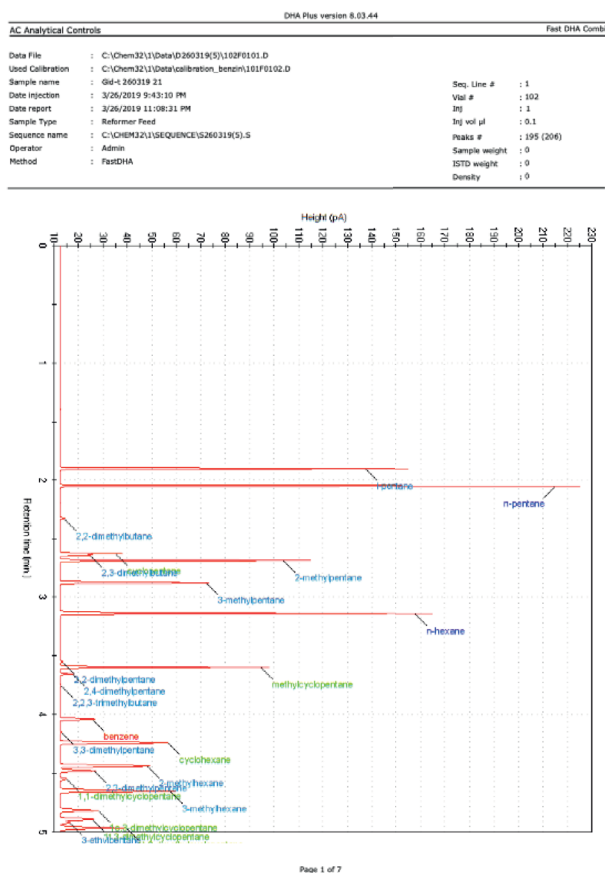


Рисунок 1 – Хроматографические данные по составу сырья

Определение теплового баланса. Тепловой баланс рассчитывался с использованием первого закона термодинамики. Входящие и выходящие тепловые потоки определялись на основании следующих данных:

- температура и массовый расход сырья и продуктов;
 - теплота реакций (энтальпии превращений);
 - расход топлива в печах подогрева;
 - потери тепла в окружающую среду.
- Расчеты проводились по уравнению:

$$Q_{\text{вход}} + Q_{\text{реакции}} = Q_{\text{продуктов}} + Q_{\text{потерь}} + Q_{\text{выхлопа}}$$

Показатель удельного энергопотребления (UEP) рассчитывался как отношение общего потребления энергии (включая топливо, пар и электроэнергию) к количеству произведенного риформата:

$$UEP = E_{total} \backslash \text{тонн риформата}$$

Для оценки теплового эффекта процесса риформинга (в частности, реакций дегидроциклизации и изомеризации), использовали:

$$\Delta H_{\text{реакции}} = \sum v_i H_f^0(\text{продукты}) - \sum v_i H_f^0(\text{реагенты})$$

где, H_f^0 – стандартная энтальпия образования (кДж/моль),
 v_i – стехиометрические коэффициенты.

Термодинамический анализ реакций проводится для определения возможности протекания той или иной стадии. Термодинамические исследования процессов, которые могут протекать в реакторе, основаны на использовании констант равновесия химических реакций, которые рассчитываются по справочным данным. Проводится расчет энергий Гиббса ΔG , констант равновесия реакций K_p , энтальпии (ΔH) и энтропии (ΔS) реакций:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S,$$

$$\ln(K_p) = -\frac{\Delta G}{RT}. \quad (1)$$

Для подтверждения возможности протекания перечисленных реакций был выполнен термодинамический анализ.

В таблице 1 приведены значения энергии Гиббса и константы равновесия основных реакций процесса каталитического риформинга

Таблица 1 – Среднее значение термодинамических характеристик реакций в процессе каталитического риформинга бензинов (при $T = 753 \text{ K}$, $P = 1,6 \text{ МПа}$)

№	Реакция	Энергия Гиббса, кДж/моль
1	Гидрокрекинг нормальных парафинов	-50,96
2	Изомеризация нормальных парафинов	-1,42
3	Изомеризация изо-парафинов	-3,72
4	Дегидроциклизация нормальных парафинов (н-П→Н-6)	-5,36
5	Гидрокрекинг изо-парафинов	-60,83
6	Дегидроциклизация изо-парафинов (и-П→Н-6)	-4,98
7	Гидрокрекинг нафтен-5 (Н-5→и-П)	-3,51
8	Изомеризация нафтен-6 (Н-6→Н-5)	-2,13
9	Дегидрирование нафтен-6	-97,53
10	Гидрирование ароматических углеводородов	66,90
11	Дегидроциклизация нормальных парафинов (н-П→Н-5)	-4,85
12	Дегидроциклизация изо-парафинов (и-П→Н-5)	-7,32
13	Изомеризация нафтен-5	-17,69
14	Гидрокрекинг нафтен-5 (Н-5→н-П)	-10,84
15	Коксообразование (Ар → НППУ)	-6,67
16	Коксообразование (Н-5 → НППУ)	-19,38
17	Коксообразование (НППУ → Кокс)	-1,47
18	Гидрирование (НППУ → Ар)	-12,4

Была построена расчетная модель в Pascal с возможностью варьирования параметров:

- температура сырья и продуктов;
- концентрация водорода;
- состав сырья;
- теплотери на участках установки.
- Сценарии включали:
- базовый режим (фактический);
- предложенный режим с перераспределением тепловых потоков;
- оптимизированный режим с внедрением дополнительных теплообменников.

Проведен анализ чувствительности модели к изменению ключевых параметров – температуры в реакторах, составу сырья и расходу сырья и ВСГ.

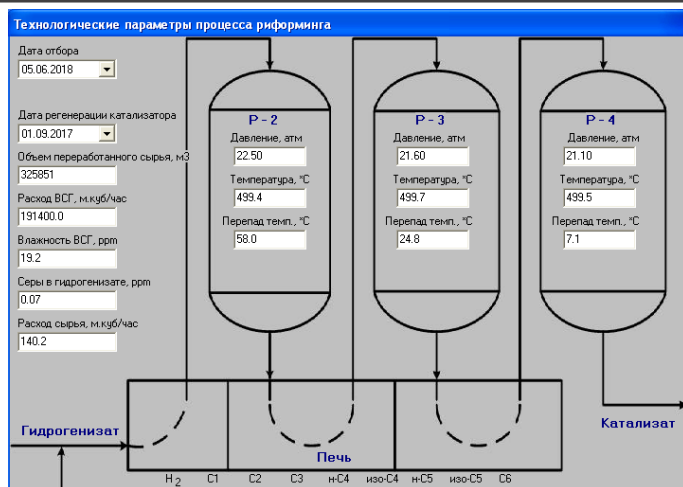


Рисунок 2 – Технологические параметры процесса риформинга

Результаты и обсуждение

В рамках проведенного исследования был выполнен анализ текущих режимов работы каталитического риформинга с акцентом на потребление тепловой энергии, степень рекуперации в теплообменной сети, а также использование водородсодержащего газа в циркуляционном контуре.

Базовые параметры технологического режима были взяты с действующей установки. Установлено, что:

- Потери теплоты на стадии подогрева сырья составляют до 18–22 % от общего теплового баланса.
- Удельный расход тепла на 1 т сырья варьируется от 1,8 до 2,2 Гкал/т при недостаточной интеграции теплообменных аппаратов.

Водородный контур не полностью закрыт – часть водорода теряется при продувке, что снижает эффективность риформинга и увеличивает энергонагрузку.

Была составлена модель с применением инструмента теплового баланса, где варьировались следующие параметры:

- Температура подачи сырья
- Расход сырья
- Давление в трех реакторах
- Расход водородсодержащего газа

Оптимизация теплообменной сети (введение перекрестного теплообменника сырьё–продукт) позволила снизить внешний подвод тепла на 12,7 %.

Модернизация схемы циркуляции водорода с добавлением водородосберегающего сепаратора повысила водородную эффективность на 17 %, что также привело к снижению удельного энергопотребления на 6,3 %.

Внедрение регламентов по поддержанию постоянной температуры на выходе из реакторов позволило стабилизировать октановое число реформата при меньших температурных колебаниях, снижая тепловые потери.

Результаты сопоставимы с аналогичными исследованиями:

В работе [2] показано снижение энергозатрат на 15 % за счёт комплексной тепловой интеграции и замкнутого водородного контура.

В исследовании [7; 8; 9; 10] сообщается о повышении выхода ароматических углеводородов на 6–8 % при использовании многоступенчатой теплообменной системы.

Практические рекомендации

Внедрение многоступенчатого предварительного подогрева с использованием горячего реформата и циркулирующего газа;

Автоматизация регулирования подачи сырья и циркулирующего газа для минимизации колебаний температуры;

Повышение степени рекуперации до 75–80 % за счёт реконфигурации теплообменного оборудования;

Закрытие водородного цикла и внедрение системы рекуперации с использованием сепараторов с высокой селективностью.

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется в рамках проекта «Жас ғалым» AP19175752 «Научно-техническое обеспечение энергосбережения и ресурсоэффективности технологии приготовления высокооктановых бензинов и ароматических углеводородов» Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.

Выводы

Проведённый анализ и моделирование показали, что оптимизация тепловых потоков и режимов работы оборудования на установках каталитического риформинга позволяет достичь значительного повышения энергоэффективности процесса без необходимости масштабной модернизации установки. Основные выводы:

Снижение удельного энергопотребления на 6–7 % достигается за счёт интеграции теплообменников между потоками сырья и горячего реформата.

Повышение эффективности водородного контура (на 15–20 %) позволяет не только сократить потери водорода, но и снизить тепловую нагрузку на рекаторы.

Стабилизация температурных режимов в реакционной зоне приводит к сохранению качества реформата и более равномерной работе катализаторов.

Совокупный эффект от мероприятий по энергосбережению выражается в снижении операционных затрат, увеличении выхода высокооктанового бензина и повышении экологической устойчивости производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Доклад Министерства энергетики РК. Актуальное состояние и перспективы развития нефтеперерабатывающей отрасли Казахстана. – Астана : МЭ РК, 2023. – 28 с.

2 **Aghamohammadi, M., Ghaffari, A., Sattari, M.** Multi-objective optimization of a naphtha catalytic reforming unit using NSGA-II and fuzzy decision-making // *Energy*. – 2021. – Vol. 215. – P. 119120. – <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119120>

3 **Al-Fadhli, J., Al-Samhan, M., Bouresli, R., Al-Tarkait, F., Jassem, F.** MoO₃/TiO₂ Hydroisomerization Performance Using n-hexane in Comparison with a Platinum Commercial Catalyst; Pilot Scale // *Journal of Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 20. – No. 5. – P. 182–190. – <https://doi.org/10.3923/jas.2020.182.190>

4 **Wu, J., Chen, G., Chen, A., Gao, Z. et al.** Molecular-Level Modeling of Naphtha Continuous Catalytic Reforming Process // *Chemical Engineering Science*. – 2025. – Vol. 309. – Art. 121430. – <https://doi.org/10.1016/j.ces.2025.121430>

5 **Samad, A., Ahmad, I.** An Intelligent System for Estimation of Exergy Efficiency of Integrated Naphtha and Isomerization Process under Uncertainty // 2022 17th International Conference on Emerging Technologies (ICET), Swabi, Pakistan, 2022. – P. 12–17. – <https://doi.org/10.1109/ICET56601.2022.10004625>

6 **Ivanchina, E. D., Chernyakova, E. S., Pchelintseva, I. V., Poluboyartsev, D. V.** Mathematical modeling and optimization of semi-regenerative catalytic reforming of naphtha // *Oil & Gas Science and Technology – Revue de l'IFP Energies nouvelles*. – 2021. – Vol. 76. – No. 2. – Art. 64. – [10.2516/ogst/2021041](https://doi.org/10.2516/ogst/2021041)

7 **Nanadegani, F. S., Sunden, B.** Review of exergy and energy analysis of fuel cells // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2023. – Vol. 48. – Issue 84. – P. 32875–32942. – <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.052>

8 **Goff, P., Hornut, J.** Exergy Analysis and Exergo-Economic Optimization of Industrial Processes // *Oil & Gas Science and Technology – Revue de l'Institut Français du Pétrole*. – 1998. – Vol. 53. – P. 99–102. – <https://doi.org/10.2516/ogst.1998011>

9 Европейская комиссия. Технологии энергоэффективности в нефтегазовом секторе: отчет Европейской комиссии. Брюссель EC-200/20, 2020.

10 **Глаголева, О. Ф., Пискунов, И. В.** Энергосбережение – приоритетная задача современной нефтегазопереработки // *Neftegaz. RU*. – № 1(109). – 2021.

REFERENCES

- 1 Doklad Ministerstva energetiki RK. Aktyalnoe sostoyanie I perspektivi razvitiya neftepererabativaushei otrasly Kazakhstana. [Report of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan. Status and development prospects of the oil refining industry of Kazakhstan.] – Astana : ME RK. – 2023. – P. 28.
- 2 **Aghamohammadi, M., Ghaffari, A., Sattari, M.** Multi-objective optimization of a naphtha catalytic reforming unit using NSGA-II and fuzzy decision-making // *Energy*. – 2021. – Vol. 215. – P. 119–120. – <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119120>
- 3 **Al-Fadhli, J., Al-Samhan, M., Bouresli, R., Al-Tarkait, F., Jassem, F.** MoO₃/TiO₂ Hydroisomerization Performance Using n-hexane in Comparison with a Platinum Commercial Catalyst; Pilot Scale // *Journal of Applied Sciences*, 2020. – Vol. 20. – No. 5. – P. 182–190. – [10.3923/jas.2020.182.190](https://doi.org/10.3923/jas.2020.182.190)
- 4 **Wu, J., Chen, G., Chen, A., Gao, Z. et al.** Molecular-Level Modeling of Naphtha Continuous Catalytic Reforming Process // *Chemical Engineering Science*, 2025. – Vol. 309. – Art. 121430. – <https://doi.org/10.1016/j.ces.2025.121430>
- 5 **Samad, A., Ahmad, I.** An Intelligent System for Estimation of Exergy Efficiency of Integrated Naphtha and Isomerization Process under Uncertainty // 2022 17th International Conference on Emerging Technologies (ICET), Swabi, Pakistan, 2022. – P. 12–17. – [10.1109/ICET56601.2022.10004625](https://doi.org/10.1109/ICET56601.2022.10004625)
- 6 **Ivanchina, E. D., Chernyakova, E. S., Pchelintseva, I. V., Poluboyartsev, D. V.** Mathematical modeling and optimization of semi-regenerative catalytic reforming of naphtha // *Oil & Gas Science and Technology – Revue de l'IFP Energies nouvelles*, 2021. – Vol. 76 – No. 2. – Art. 64. – [10.2516/ogst/2021041](https://doi.org/10.2516/ogst/2021041).
- 7 **Nanadegani, F. S., Sunden, B.** Review of exergy and energy analysis of fuel cells // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2023. – Vol. 48. – Issue 84. – P. 32875–32942. – <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.052>.
- 8 **Goff, P., Hornut, J.** Exergy Analysis and Exergo-Economic Optimization of Industrial Processes // *Oil & Gas Science and Technology – Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 1998. – Vol. 53. – P. 99–102. – <https://doi.org/10.2516/ogst.1998011>.
- 9 Evropeiskaya komissiya. Tekhnologii energoeffektivnosti v neftegazovom sektore: otchet Evropeiskoi komissii. [European Commission. Energy efficiency technologies in the oil and gas sector: report of the European Commission.] Bryussel. – 2020. – EC-200/20.
- 10 **Glagoleva, O. F., Piskunov, I. V.** Energosberigenie – prioritetnaya zadacha sovremennoi neftegazopererabotki [Energy saving is a priority task of modern oil and gas processing] // *Neftegaz.RU*. – № 1(109) – 2021.

Поступило в редакцию 15.07.25.

Поступило с исправлениями 23.07.25.

Принято в печать 05.09.25.

**Р. М. Дюсова¹, Е. А. Жакманова², Г. Ж. Сейтенова³*¹Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.²Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

³«Мұнай-химия өнімдерін өндірушілер мен тұтынушылар қауымдастығы Мұнай-химия қауымдастығы» заңды тұлғалар бірлестігі,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

15.07.25 ж. баспаға түсті.

23.07.25 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

КАТАЛИТИКАЛЫҚ РЕФОРМАНУДЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ЖЫЛУ АҒЫМДАРЫН ЖӘНЕ РЕЖИМДЕРІН ОҢТАМАЛАНДЫРУ

Энергия құнының өсуі және экологиялық талаптардың қатайтылуы жағдайында энергия тиімділігін арттыру мәселелері мұнай-химия өнеркәсібі үшін жоғары октанды бензиндерді, хош иісті көмірсутектерді және шикізатты өндірудегі ең маңызды технология болып табылатын каталитикалық риформинг процестері үшін шешуші мәселеге айналууда. Бұл жұмыс қондырғыларды ауқымды реконструкциялаусыз меншікті энергия шығынын азайту мақсатында жылу ағындары мен жабдықтың жұмыс режимдерін оңтайландыру мүмкіндіктерін зерттеуге бағытталған. Жұмыс істеп тұрған каталитикалық риформинг қондырғысының мәліметтері негізінде жылу-энергетикалық талдау жүргізілді, жылу балансы есептелді, жылу шығындары анықталды, сутегі айналымының тиімділігі талданды. Негізгі параметрлерді (температура, қысым, шикізат және H₂S шығыны) және шикізат құрамын өзгерту мүмкіндігі бар процестің математикалық моделі құрастырылды. Модельдеу кросс-жылу алмастырғыштарды енгізу, сутегі айналымын жабу және температуралық жағдайларды тұрақтандыру энергия шығынын 6–7 %-ға төмендетуге, сутегін пайдалану тиімділігін арттыруға және реформаттың сапасын тұрақтандыруға болатындығын көрсетті. Алынған нәтижелер энергия тиімділігін реформалаудың кешенді тәсілін қолданудың орындылығын растайды және мұнай

оңдеуді тұрақты дамыту саласындағы халықаралық тәжірибеге сәйкес келеді. Өзірленген тәсіл нақты уақыт режимінде процесс параметрлерін бақылау және оңтайландыру үшін цифрлық құралдарды құру үшін негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Кілтті сөздер: энергия тиімділігі, каталитикалық риформинг, жұмыс режимі, параметрлер, жылу ағыны

*R. M. Dyussova¹, E. A. Zhakmanova², G. Zh. Seytenova³

¹Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

²L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Astana;

³Association of legal entities «Association of Producers and Consumers of Petrochemical Products (Petrochemical Association)»,
Republic of Kazakhstan, Astana.

Received 15.07.25.

Received in revised form 23.07.25.

Accepted for publication 05.09.25.

OPTIMIZATION OF HEAT FLOWS AND MODES TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF CATALYTIC REFORMING

In the context of rising energy costs and tightening environmental requirements, energy efficiency improvement issues are becoming key for catalytic reforming processes, which are the most important technology in the production of high-octane gasolines, aromatic hydrocarbons and feedstock for the petrochemical industry. This work is aimed at studying the possibilities of optimizing heat flows and equipment operation modes in order to reduce specific energy consumption without large-scale reconstruction of the units. Based on the data of the operating catalytic reforming unit, a thermal and energy analysis was carried out, a heat balance was calculated, heat losses were determined, and the efficiency of hydrogen circulation was analyzed. A mathematical model of the process with the ability to vary key parameters (temperature, pressure, feedstock and H₂S consumption), and feedstock composition was built. The simulation showed that the introduction of cross-flow heat exchangers, closing the hydrogen cycle and stabilizing temperature conditions can reduce energy consumption by 6–7 %, increase the efficiency of hydrogen use and stabilize the quality of the reformat. The results confirm the feasibility of using an integrated approach to the energy efficiency of reforming and are consistent with international practice in the field of sustainable development of oil

refining. The developed approach can be used as a basis for creating digital tools for monitoring and optimizing process parameters in real time.

Keywords: energy efficiency, catalytic reforming, operating mode, parameters, heat flow.

Теруге 09.09.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4447

Сдано в набор 09.09.2025 г. Подписано в печать 30.09.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4447

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz