

Торайғыров университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2020)

---

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

KZ19VRY00029272

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**

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

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

<https://doi.org/10.48081/JDKA1623>

**Р. М. Дюсова<sup>1</sup>, Г. Ж. Сейтенова<sup>2</sup>,  
Н. М. Онбаев<sup>3</sup>, Г. Р. Бурумбаева<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>4</sup>ТОО «ПНХЗ»,

Республика Казахстан, г. Павлодар

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Каталитический риформинг – основной процесс в цепочке нефтеперерабатывающего завода. С его помощью получают ценные нефтепродукты: ароматические углеводороды и водородсодержащий газ. Увеличение глубины переработки и селективности процесса является приоритетной задачей для топливной промышленности Казахстана.*

*Метод математического моделирования является самым рентабельным с точки зрения экономических затрат и эффективности.*

*Приведен обзор программы математического моделирования с целью повышения эффективности установки процесса каталитического риформинга в Казахстане.*

*Математическое моделирование позволяет исследовать режим проведения риформинга на промышленной установке и принимать решения технологического типа для поддержания работы установки в оптимальном режиме. Математическая модель может быть использована для всех риформинговых установок любой производительности, таблетированных или имеющих неподвижный, или движущийся слой шариковых катализаторов.*

*Основными показателями эффективности являются октановое число риформата, технологический режим, выход целевых продуктов. Установлено, что использование метода математического моделирования позволяет выбрать оптимальные технологические параметры для достижения требуемого октанового числа*

*риформата, а также оптимизировать работу установки каталитического риформинга, увеличить выход целевых продуктов, спрогнозировать эффективный оптимальный режим для получения продуктов требуемого качества. Данный метод применим для всех этапов нефтепереработки.*

*Ключевые слова: риформинг, математическое моделирование, октановое число, переработка, легкие бензиновые фракции.*

## **Введение**

Процесс каталитического риформинга для большинства нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) Казахстана – базовый процесс производства высокооктановых компонентов автомобильных бензинов и ароматических углеводородов. В настоящий момент это наиболее дешевый и традиционный способ облагораживания прямогонной бензиновой фракции 85–180 °С. Кроме того, для многих нефтеперерабатывающих заводов это единственный способ производства водорода, которого при постоянном росте мощностей по гидрообессериванию бензинов и дизельных топлив требуется все больше и больше. Основными реакциями риформинга являются: дегидрогенизация шестичленных нафтен, дегидроизомеризация пятичленных нафтен, дегидроциклизация парафинов, гидрокрекинг парафинов.

В Республике Казахстан есть 3 установки каталитического риформинга. Процесс проводится в реакторах с непрерывной регенерацией и блоком извлечения бензола, по технологии CCR. Процесс риформинга с непрерывной регенерацией катализатора реализуется при более высокой температуре и низком давлении и позволяет получать продукт с октановым числом до 108 пунктов и высоким выходом жидких углеводородов на сырьё.

Риформинг предназначен для получения высокооктанового компонента товарных автомобильных бензинов из бензиновых фракций с низким октановым числом за счет их ароматизации, а также сырья для получения индивидуальных ароматических углеводородов – бензола, толуола, ксилолов. Сырьем процесса являются прямогонные бензины, получаемые на установках первичной переработки нефти, а также бензины вторичных процессов – коксования и термического крекинга и бензины гидрокрекинга. Процесс проводят при температурах 470–520 °С на платинорениевом катализаторе и при температурах 480–530 °С на платиновом катализаторе [1].

Материалы и методы: процесс каталитического риформинга бензинов является сложным многокомпонентным промышленным процессом и существует необходимость создания универсальной математической модели, позволяющей контролировать процесс в реакторах различного типа, анализировать процесс для различного состава сырья и катализаторов.

Для того, чтобы избежать трудностей, связанных с присутствием в реакционной смеси большого числа реагентов и промежуточных соединений, компоненты смеси объединяются в группы, так называемые псевдокомпоненты. Число выбранных псевдокомпонентов в реакционной смеси является определяющим фактором в создании модели процесса и обычно составляет 69 компонентов [2].

Чем выше число псевдокомпонентов, тем выше точность модели, но одновременно происходит усложнение математического описания. Для построения модели процесса каталитического риформинга обычно используется кинетика Аррениуса и Лэнгмюра–Хиншельвуда.

Использование кинетического подхода позволяет сформировать принцип превращения углеводородов процесса, оценить активность и долговечность работы катализатора [3].

Как и в реальном технологическом процессе в модели учитывается и биметаллическая сущность катализаторов, и многокомпонентность состава сырья (более 180 компонентов). В общем виде математическое моделирование химических процессов и реакторов можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 1 [4].

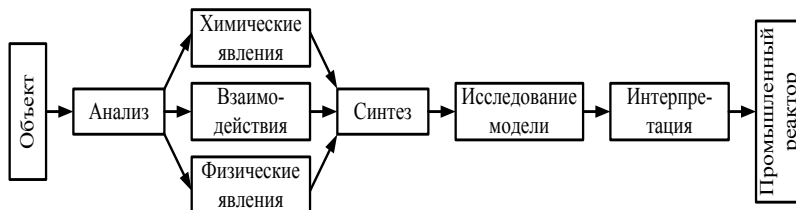


Рисунок 1 – Схема математического моделирования химических процессов и реакторов

Основными исходными параметрами для расчета в программе являются данные покомпонентного состава сырья и катализата (хроматограммы сырья и катализата), температура и давление по реакторам, состав ВСГ, расход сырья и ВСГ, влажность сырья и содержание серы [5]. Примером таких программ является программа, разработанная на кафедре «Химической технологии топлива и химической кибернетики» Томского политехнического университета совместно с кафедрой «Механика и нефтегазовое дело» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Программа позволяет проводить прогнозирование работы установки для получения риформата с заданными октановыми характеристиками, мониторинг процесса риформинга, учитывать дезактивацию катализатора,

выдавать рекомендации по ведению технологического режима. На рисунке 2 показано рабочее пространство программы.

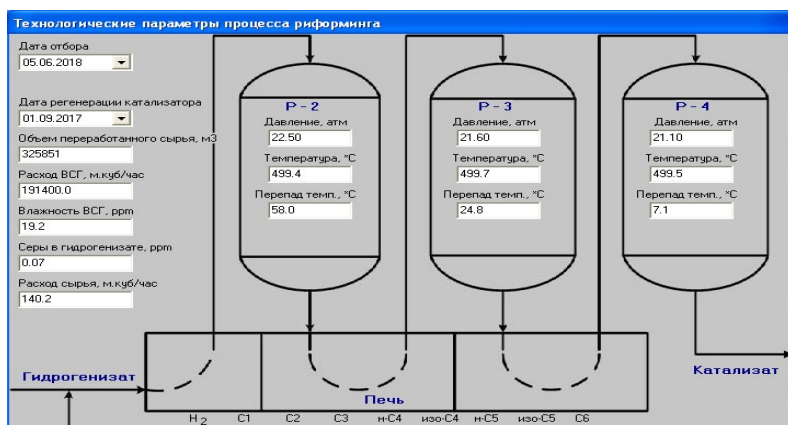


Рисунок 2 – Программа математического моделирования

**Результаты и обсуждение:** Компьютерное моделирование химико-технологических систем к настоящему времени полностью доказало свою актуальность и перспективность. С его помощью удастся повысить качество управления химико-технологическими системами и эффективность работы технологической системы, добиться значительного сокращения сроков проектирования. На данный момент программы подобного характера не используются в Казахстане. Интеллектуальные системы на основе математического моделирования могут исправить эту ситуацию.

**Информация о финансировании:** Статья опубликована в рамках грантового финансирования по научно-техническому проекту AP05131846 «Повышение ресурсоэффективности технологий производства высокооктановых бензинов, дизельного топлива и жирных газов на установках каталитического крекинга, риформинга и изомеризации».

**Выводы:** В результате введения подобных программ в нефтеперерабатывающую промышленность Казахстана будет достигнуто: оптимизация технологических процессов, повышение их ресурсоэффективности, позволяет снизить затраты на реализацию технологического режима. Новые информационные технологии, сочетающие метод математического моделирования и искусственный интеллект, превращают компьютер в важный инструмент для непрограммирующего пользователя при решении трудных технологических задач. Что весьма кстати к нынешней эпохе цифровизации в Казахстане.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Сейтенова, Г. Ж. Основы нефтепереработки : учебное пособие. – Павлодар : Кереку, 2014. – 118–119 с.
- 2 Chuzlov, V. A., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M. Increase in resource efficiency of motor gasoline production with the help of mathematical models // *Petroleum and Coal.*, 2019. – 61(1). – P. 58–63.
- 3 Chuzlov, V. A., Nazarova, G. Y., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z. Calculation of the optimal blending component ratio by using mathematical modeling method // *Petroleum Science and Technology.* – 2019. – 37(10). – P. 1170–1175.
- 4 Dolganov, I. M., Ivanchina, E. D., Dolganova, I. O., Solopova, A., Seitenova, G. Z. Application of compounding process mathematical model for gasoline quality improving // *Petroleum and Coal.* – 2016. – 58(6). – P. 635–639.
- 5 Ivanchina, E. D., Chuzlov, V. A., Ivanchin, N. R., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M. Mathematical modeling of the process catalytic isomerization of light naphta // *Petroleum and Coal.* – 2019. – 61(2). – P. 413–417.
- 6 Костенко А. В., Кравцов А. В., Иванчина Э. Д., Ивашкина Е. Н. Оптимизация внутренних устройств реакторов риформинга с использованием нестационарной кинетической модели // *Нефтепереработка и нефтехимия.* – 2007. – № 1. – С. 18–22.
- 7 Gyngazova M. S., Kravtsov A. V., Ivanchina E. D., Korolenko M. V., Uvarkina D. D. Kinetic Model of the Catalytic Reforming of Gasolines in Moving-Bed Reactors // *Catalysis in Industry.* – 2010. – Vol. 2. – № 4. – P. 374–380.
- 8 Zhabbasbayev, U. K., Rakhmetova, K. B. A new method for simulating of reforming process in industrial reactors // *Chemreactor-19.* – P. 328–329;
- 9 Двинин, В. А. Возможные сценарии модернизации НПЗ с получением высококачественных топлив // *Нефтепереработка и нефтехимия.* – 2007. – № 3. – С. 12–22.
- 10 G. J. Antos, A. M. Aitani, J. M. Parera. Catalytic Naphtha Reforming : Science and Technology. – New York : Marcel Dekker, 1995. – 516 p.
- 11 Behroozi, A., Beitari, H., Ghorbanipoor, M., Nasrabadi, A. M. Увеличение производства бензина // *Нефтегазовые технологии.* – 2008. – № 12. – С. 79–82;
- 12 Ахметов, С. А., Ишмияров, М. Х., Веревкин, А. П., Докучаев, Е. С., Малышев, Ю. М. Технология, экономика и оптимизация процессов переработки нефти и газа. / Под ред. Ахметова С. А. – М. : Химия, 2005. – 736 с.

## References

- 1 **Seitenova, G. Zh.** Osnovy` neftepererabotki : uchebnoe posobie. [Fundamentals of oil refining: a textbook]. – Pavlodar : Kereku, 2014. – 118–119 p.
- 2 **Chuzlov, V. A., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M.** [Increase in resource efficiency of motor gasoline production with the help of mathematical models]. In Petroleum and Coal. – 2019. – 61(1). – P. 58–63.
- 3 **Chuzlov, V. A., Nazarova, G. Y., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z.** Calculation of the optimal blending component ratio by using mathematical modeling method In Petroleum Science and Technology. – 2019. – 37(10). – P. 1170–1175.
- 4 **Dolganov, I. M., Ivanchina, E. D., Dolganova, I. O., Solopova, A., Seitenova, G. Z.** Application of compounding process mathematical model for gasoline quality improving, In Petroleum and Coal. – 20167–58(6)7 – P. 635–639.
- 5 **Ivanchina, E. D., Chuzlov, V. A., Ivanchin, N. R., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M.** Mathematical modeling of the process catalytic isomerization of light naphtha. In Petroleum and Coal. – 2019. – 61(2). – P. 413–417.
- 6 **Kostenko A. V., Kravczov A. V., Ivanchina E. D., Ivashkina E. N.** Optimizaciya vnutrennix ustrojstv reaktorov riforminga s ispol'zovaniem nestacionarnoj kineticheskoj modeli [Optimization of internal devices of reforming reactors using a non-stationary kinetic model] Neftepererabotka i nefteximiya. [In Oil Refining and petrochemistry]. – 2007. – No. 1. – P. 18–22;.
- 7 **Gyngazova M. S., Kravtsov A. V., Ivanchina E. D., Korolenko M. V., Uvarkina D. D.** Kinetic Model of the Catalytic Reforming of Gasolines in Moving-Bed Reactors. In Catalysis in Industry. – 2010. – Vol. 2. – №. 4. – P. 374–380.
- 8 **Zhapbasbayev, U. K., Rakhmetova, K. B.** A new method for simulating of reforming process in industrial reactors. In Chemreactor-19 – P. 328–329.
- 9 **Dvinin, V. A.** Vozmozhny`e scenarii modernizacii NPZ s polucheniem vy`sokokachestvenny`x topliv. [Possible scenarios for upgrading refineries to produce high-quality fuels]. Neftepererabotka i nefteximiya. [Oil refining and petrochemicals]. – 2007. – No. 3. – P. 12–22.
- 10 **Antos, G. J., Aitani, A. M., Parera, J. M.** Catalytic Naphtha Reforming: Science and Technology. – New York : Marcel Dekker, 1995. – 516 p.
- 11 **Behroozi, A., Beitari, H., Ghorbanipoor, M., Nasrabadi, A. M.** Uvelichenie proizvodstva benzina [Increase in gasoline production] Neftegazovy`e texnologii. In Oil and Gas technologies. – 2008. – № 12. – P. 79–82.



12 **Axmetov, S. A., Ishmiyarov, M. X., Verevkin, A. P., Dokuchaev, E. S., Malyshev, Yu. M.** [S. A. Akhmetov, M. Kh. Ishmiyarov, A. P. Verevkin, E. S. Dokuchaev, Yu. M. Malyshev. *Technologiya, e'konomika i optimizaciya processov pererabotki nefi i gaza.* [Technology, Economics, and optimization of oil and gas refining processes]. / Ed. Akhmetova S. A. – Moscow : [Chemistry Ximiya], 2005. – 736 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

*P. M. Dyusova<sup>1</sup>, G. Zh. Seitzenova<sup>2</sup>, N. M. Onbayev<sup>3</sup>, G. P. Burumbayeva<sup>4</sup>*

**Математикалық модельдеу әдісімен каталитикалық риформингтің ресурсының тиімділігін арттыру**

<sup>1,2,3</sup>Торайгыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

<sup>4</sup>Павлодар мұнай-химия зауыты» ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

*G. Zh. Seitenova<sup>1</sup>, N. M. Onbayev<sup>2</sup>, R. M. Dyusova<sup>3</sup>, G. R. Burumbayeva<sup>4</sup>*

**Improving the resource efficiency of catalytic reforming by method of mathematical modeling**

<sup>1,2,3</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>4</sup>LLP «Pavlodar Oil Chemistry Refinery»,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 30.09.20.

*Каталитикалық риформинг-мұнай өңдеу зауытының тізбегіндегі негізгі процесс. Оның көмегімен құнды мұнай өнімдері алынады: хош иісті көмірсутектер және құрамында сутегі бар газ. Өңдеу тереңдігін және процесінің селективтілігін ұлғайту Қазақстанның отын өнеркәсібі үшін басым міндет болып табылады.*

*Математикалық модельдеу әдісі экономикалық шығындар мен тиімділік тұрғысынан ең тиімді болып табылады.*

*Қазақстанда каталитикалық риформинг процесін орнатудың тиімділігін арттыру мақсатында математикалық модельдеу бағдарламасына шолу келтірілген.*

*Математикалық модельдеу өнеркәсіптік қондырғыдағы риформинг режимін зерттеуге және қондырғының жұмысын оңтайлы режимде ұстап тұру үшін технологиялық типтегі*

шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Математикалық модельді кез-келген өнімділіктің барлық риформингтік қондырғыларында қолдануға болады, планшетте немесе шарлы катализаторлардың қозғалмалы қабаты бар.

Тиімділіктің негізгі көрсеткіштері-рифформаттың октандық саны, Технологиялық режим, мақсатты өнімдердің шығуы. Математикалық модельдеу әдісін қолдану рифформаттың қажетті октан санына жету үшін оңтайлы технологиялық параметрлерді таңдауға, сонымен қатар катализикалық риформинг қондырғысының жұмысын оңтайландыруға, мақсатты өнімдердің шығуын арттыруға және қажетті сапалы өнімдер алу үшін тиімді оңтайлы режимді болжауға мүмкіндік беретіні анықталды. Бұл әдіс мұнай өңдеудің барлық кезеңдерінде қолданылады.

*Кілтті сөздер:* риформинг, математикалық модельдеу, октандық сан, қайта өңдеу, жеңіл бензин фракциялары.

*Catalytic reforming is the main process in the refinery chain. It is used to produce valuable petroleum products: aromatic hydrocarbons and hydrogen-containing gas. Increasing the processing depth and process selectivity is a priority for the fuel industry in Kazakhstan.*

*The method of mathematical modeling is the most cost-effective in terms of economic costs and efficiency.*

*An overview of the program of mathematical modeling to improve the efficiency of the installation of the catalytic reforming process in Kazakhstan is given.*

*Mathematical modeling allows you to study the mode of reforming in an industrial installation and make technological decisions to maintain the operation of the installation in an optimal mode. The mathematical model can be used for all reforming plants of any capacity, preformed or having a fixed or moving layer of ball catalysts.*

*The main performance indicators are the octane number of the reformat, the technological mode, and the output of target products. It is established that using the mathematical modeling method allows you to choose the optimal technological parameters to achieve the required octane number of the reformat, as well as optimize the operation of the catalytic reforming unit, increase the yield of target products, and predict the effective optimal mode for obtaining products of the required quality. This method is applicable for all stages of oil refining.*

*Keywords:* reforming, mathematical modeling, octane number, processing, light gasoline fractions.

Теруге 30.09.2020 ж. жіберілді. Басуға 14.10.2020 ж. қол қойылды.  
Электронды баспа  
2,99 Мб RAM  
Шартты баспа табағы 23,30. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы  
Корректор: А. Р. Омарова  
Тапсырыс № 3707

Сдано в набор 30.09.2020 г. Подписано в печать 14.10.2020 г.  
Электронное издание  
2,99 Мб RAM  
Усл. печ. л. 23,30. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы  
Корректор: А. Р. Омарова  
Заказ № 3707

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған  
«Торайғыров университет»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы  
«Торайғыров университет»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
8 (7182) 67-36-69  
e-mail: kereku@tou.edu.kz  
www.vestnik.tou.edu.kz