

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© И. М. Губайдуллин^{1,2}, Р. Р. Сагитуллин^{2*}, В. Р. Кифятов²

¹Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН,
Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, пр. Октября, 141.

²Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Россия, Республика Башкортостан, 450062 г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

*Email: sagitullin360@mail.ru

В настоящее время процессы гидрогенизации занимают ключевую роль среди вторичных технологий переработки нефти. В ходе этого процесса получают дизельное топливо, очищенное от вредных сернистых соединений. Важными показателями здесь являются глубина обессеривания и количество используемых ресурсов. В работе предложена технологическая схема блока подготовки сырья установки гидроочистки дизельного топлива. Выдвигается идея использования окислительного обессеривания для снижения доли сернистых соединений в сырье и получения сульфолана. Реализована и рассчитана технологическая модель проектируемой установки на программе Aspen HYSYS, на ее основе разработана технологическая схема. Рассчитаны технико-экономические показатели, которые спрогнозировали окупаемость строительства предлагаемого блока за 11 месяцев.

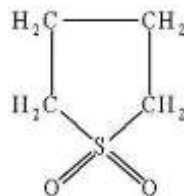
Ключевые слова: сульфолан, пероксид водорода, окислительное обессеривание, разработка технологической схемы, компьютерное моделирование.

Основные сведения о сырье и получаемом продукте

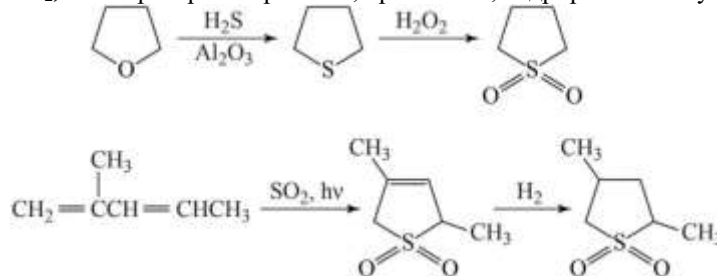
Дизельное топливо – это сложная смесь парафиновых, наftenовых и ароматических углеводородов и их производных. Находящиеся в топливе углеводороды имеют среднюю молекулярную массу 110–230 г/моль и кипят в пределах 170–380 °С в составе газойлевой и соляровой фракций нефти.

По физико-химическим и эксплуатационным показателям топливо должно соответствовать требованиям ГОСТ, Техническому регламенту, ТУ, в частности требованиям ГОСТ 32511 – 2013 (EN 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО [1].

Сульфолан (тиолан-1,1-диоксид, тетрагидротиофен-1,1-диоксид, тетраметилсульфон), сероорганическое соединение, представитель циклических сульфонов [2]. Химическая формула сульфолана – C₄H₈O₂S. Молекулярный вес – 120,17.



В промышленности сульфолан и его алкилзамещенные получают из фурана и его соответствующих замещенных или из диенов и SO₂, в лабораторной практике, кроме того, гидрированием сульфолонов.



Сульфолан широко используется в качестве промышленного растворителя, особенно при извлечении ароматических углеводородов из углеводородных смесей и для очистки природного газа.

Предполагаемая схема процесса

Установка гидроочистки дизельного топлива дополняется блоком подготовки сырья. В данном блоке будет происходить окислительное обессеривание пероксидом водорода [3]. Технологическая схема блока представлена на рис. 1.

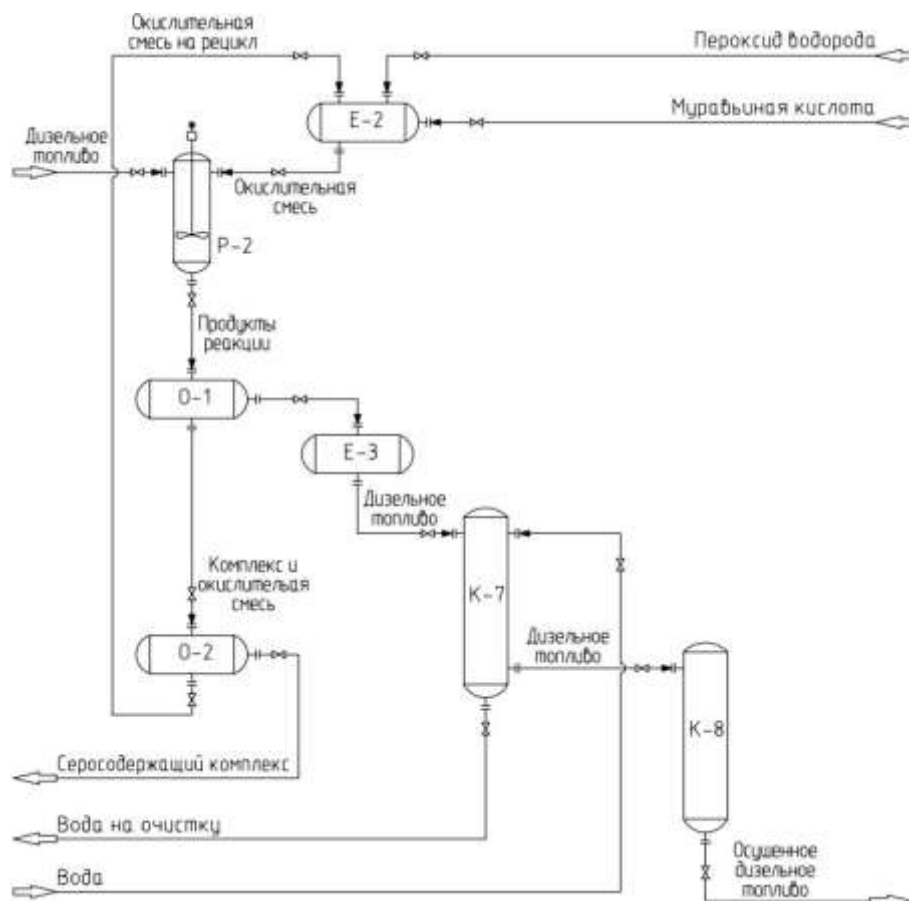


Рис. 1. Схема блока подготовки сырья.

Данный процесс протекает при атмосферном давлении и температуре до 100 °С, с высокой конверсией ароматических соединений и без использования водорода. Основной недостаток – протекание процесса в жидкой фазе [4]. При разделении продуктов реакции происходит незначительное снижение содержания дизельного топлива в связи с тем, что отделяемый комплекс содержит продукты окисления его компонентов.

Дизельное топливо попадает в реактор P-2, куда также поступает окислительная смесь из емкости E-2. Смесь создается из пероксида водорода и муравьиной кислоты с соотношением $\text{H}_2\text{O}_2:\text{HCOOH}$ равным 3:4 [5]. При этом мольное соотношение серы в сырье к пероксиду водорода поддерживают равным 1 к 5 [6].

В блоке окислительного обессеривания используется периодический реактор с мешалкой, представленный на рис. 2. Продолжительность контакта – 30 мин.

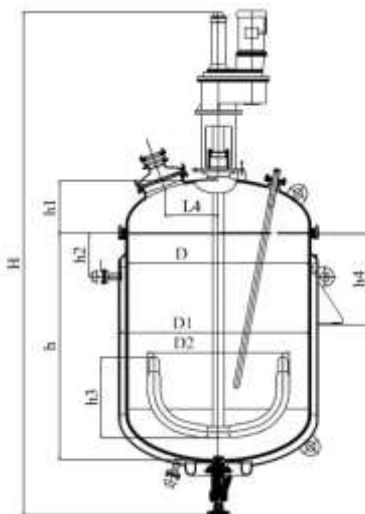


Рис. 2. Реактор с мешалкой P-2.

8. Перерва О. В., Гартман Т. Н. Компьютерное моделирование химико-технологических процессов в программе Aspen Plus: практическое руководство для технологов и проектировщиков. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 224 с. [Pererva O. V., Gartman T. N. Computer modeling of chemical-engineering processes in Aspen Plus: A practical guide for technologists and designers. St. Petersburg: Lan, 2023. 224 p.].
9. Guoxian Yu, Shangxiang Lu, Hui Chen, Zhongnan Zhu. Oxidative desulfurization of diesel fuels with hydrogen peroxide in the presence of activated carbon and formic acid // *Energy & Fuels*. 2005. Vol. 19. No. 6. P. 447–452.
10. Анисимов А. В., Тараканова А. В. Окислительное обессеривание углеводородного сырья // *Российский химический журнал*. 2008. Т. 3. №4 С. 32–40. [Anisimov A. V., Tarakanova A. V. Oxidative desulfurization of hydrocarbon raw materials // *Rossiisky Khimichesky Zhurnal*. 2008. Vol. 3. No. 4. P. 32–40].

Поступила в редакцию 15.04.2026 г.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2026.2.7

**IMPROVING THE DIESEL FUEL HYDROTREATING PROCESS
ON THE BASIS OF COMPUTER SIMULATION**© I. M. Gubaydullin^{1,2}, R. R. Sagitullin^{2*}, V. R. Kifyatov²

¹*Institute of Petrochemistry and Catalysis,
Ufa Federal Research Center of RAS,
141 Oktyabrya pr., 450075 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

²*Ufa State Petroleum Technological University,
1 Kosmonavtov st., 450062 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

**Email: sagitullin360@mail.ru*

To date, hydrogenation processes play a key role among secondary oil refining technologies. This process produces diesel fuel that has been purified of harmful sulfur compounds. Important indicators here are the depth of desulfurization and the amount of resources used. The paper proposes a process flow diagram for the feed preparation unit of a diesel fuel hydrotreating plant. The idea of using oxidative desulfurization to reduce the proportion of sulfur compounds in the feed and obtain sulfolane is put forward. A technological model of the designed plant has been implemented and simulated in the Aspen HYSYS software, and a process flow diagram has been developed on its basis. Technical and economic indicators have been calculated, which predict that the construction of the proposed unit will be paid out in 11 months.

Keywords: sulfolane, hydrogen peroxide, oxidative desulfurization, development of process flow diagram, computer simulation.

Received 15.04.2026.

Об авторах / About the authors**ГУБАЙДУЛЛИН Ирек Марсович**

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией математической химии.
Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН.
Ведущий научный сотрудник,
профессор кафедры технологии нефти и газа.
Уфимский государственный нефтяной технический университет.
Email: irekmars@mail.ru

САГИТУЛЛИН Ринат Рауфович

Магистрант.
Уфимский государственный нефтяной технический университет.
Email: sagitullin360@mail.ru

КИФЯТОВ Виталий Радисович

Аспирант.
Уфимский государственный нефтяной технический университет.
Email: kifyatov_vitaliy@mail.ru

GUBAYDULLIN Irek Marsovich

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Mathematical Chemistry Laboratory.
Institute of Petrochemistry and Catalysis of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences.
Senior Researcher and Professor of the Department of Oil and Gas Technology.
Ufa State Petroleum Technological University.
Email: irekmars@mail.ru

SAGITULLIN Rinat Raufovich

Master's student.
Ufa State Petroleum Technological University.
Email: sagitullin360@mail.ru

KIFYATOV Vitaliy Radisovich

Postgraduate student.
Ufa State Petroleum Technological University.
Email: kifyatov_vitaliy@mail.ru