INTERNATIONAL JOURNAL OF STATISTICAL ANALYSIS

ISSN: 2690-2265
ACCEPTED: 04.11.2026
PUBLISHED: 05.10.2026

STUDY OF MODERN CHEMICAL METHODS FOR THE REGENERATION OF USED OILS

Hotamov Qobul Shirinboy o‘g‘li

Bukhara State Technical University

hotamovqobul@gmail.com

Abstract

The article examines chemical methods for regenerating used oils, including sulfuric acid treatment, purification in a cavitation unit, hydroprocessing, and processes based on metallic sodium and its compounds. The technological scheme of the hydroprocessing process, its advantages and limitations, as well as the environmental and economic aspects of the methods under consideration are analyzed. It is substantiated that the transition to environmentally safe and highly efficient technologies for processing used oils is a contemporary trend.

Keywords

used oil, chemical purification, sulfuric acid, hydroprocessing, cavitation, metallic sodium, base oil, environmental safety.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Хотамов Кобул Ширинбой угли

Бухарский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассмотрены химические методы регенерации отработанных масел: сернокислотная очистка, очистка в кавитационной установке, гидроочистка, а также процессы на основе металлического натрия и его соединений. Проанализированы технологическая схема процесса гидроочистки, его преимущества и ограничения, а также экологические и экономические аспекты рассматриваемых методов. Обосновано, что переход к экологически безопасным и высокоэффективным технологиям переработки отработанных масел является современной тенденцией.

Ключевые слова: отработанное масло, химическая очистка, серная

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ISSN: 2690-2265
ACCEPTED: 04.11.2026
PUBLISHED: 05.10.2026

кислота, гидроочистка, кавитация, металлический натрий, базовое масло, экологическая безопасность.

Введение. При регенерации отработанных масел физические и физико-химические методы не всегда обеспечивают полное удаление всех загрязняющих веществ, содержащихся в масле. В таких случаях применяют химические методы, требующие сложного и дорогостоящего оборудования [1]. Отработанные масла нельзя перерабатывать совместно с нефтью на нефтеперерабатывающем заводе, поскольку содержащиеся в них присадки нарушают рабочий режим установок. Поэтому регенерацию организуют как отдельный технологический процесс. В зависимости от способа регенерации из масел, содержащих до 2–4 % твёрдых примесей и до 10 % топлива, получают до 70–85 % регенерированного масла [2]. Химические методы обычно применяют после механических, физических и физико-химических стадий [2]. Методы химической очистки основаны на взаимодействии загрязняющих веществ, содержащихся в отработанном масле, с вводимыми в него реагентами: в результате химических реакций образуются соединения, которые легко отделяются от масла. К химическим методам очистки относятся кислотная и щелочная очистка, окисление с помощью кислорода, гидрирование, а также очистка с использованием оксидов, карбидов и гидридов металлов и сушка.

Сернокислотная очистка. По количеству установок и объёму перерабатываемого сырья сернокислотная очистка занимает одно из ведущих мест в мире. Однако при использовании этого метода образуется значительное количество трудноутилизируемых и экологически опасных отходов — кислого гудрона. Кроме того, сернокислотная очистка не обеспечивает удаления из отработанных масел полициклических аренов и высокотоксичных хлорсодержащих соединений [3]. В связи с этим возникает необходимость в экологически более чистых альтернативных технологиях.

Установка кавитационной очистки. Установка, предназначенная для очистки отработанных трансмиссионных, индустриальных и гидравлических

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ISSN: 2690-2265
ACCEPTED: 04.11.2026
PUBLISHED: 05.10.2026

масел, состоит из трёх замкнутых контуров очистки и позволяет выбирать режим регенерации в зависимости от типа масла и степени его загрязнения [4]. Первый контур включает приёмную ёмкость, фильтр для удаления механических примесей, насос с регулированием давления и вихревой механический кавитационный генератор. При этом наряду с механическим отделением загрязнений под воздействием ультразвука удаляются асфальтосмолистые соединения, коллоидный кокс и сажа. Второй контур включает дополнительный водоотделитель, фильтр тонкой очистки и ёмкость для очищенного масла, а третий контур — ёмкость для нейтрализации кислотности масла. В зависимости от степени загрязнения очищаемое масло пропускают через необходимое количество контуров. В процессе преимущественно получают базовые масла. Если предусмотрено получение товарного масла с восстановленными эксплуатационными свойствами, нейтрализованное масло направляют в ёмкость дозирования присадок и смешивают с пакетом присадок в установленном соотношении. В генераторе вследствие схлопывания кавитационных пузырьков локально достигаются температура 450–550 °С и давление 0,1–0,3 МПа [3].

Гидроочистка. Процессы гидрирования всё шире применяются при переработке отработанных масел. По сравнению с сернокислотными и адсорбционными методами гидроочистка позволяет получать большее количество масел высокого качества, при этом процесс характеризуется более высокой экологической чистотой. Технологическая схема процесса приведена на рисунке 1. Отработанное масло смешивают с водородсодержащим газом (ВСГ), нагревают в трубчатой печи (П-1) до 230 °С и подают в реактор (Р-1) с неподвижным слоем катализатора. Продукты реакции поступают в сепаратор высокого давления С-1, где ВСГ отделяется и возвращается в циркуляционный цикл. Жидкую фазу направляют в стабилизационную колонну К-1: сверху отводится лёгкая нафта, а широкая масляная фракция, получаемая снизу, поступает в ректификационную колонну К-2, где разделяется по температурам

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

INTERNATIONAL JOURNAL OF STATISTICAL ANALYSIS
ISSN: 2690-2265
ACCEPTED: 04.11.2026
PUBLISHED: 05.10.2026

кипения на лёгкую, тяжёлую и остаточную масляные фракции. Полученные масла в зависимости от вида товарного масла компаундируют с пакетом присадок либо выпускают без присадок [5].

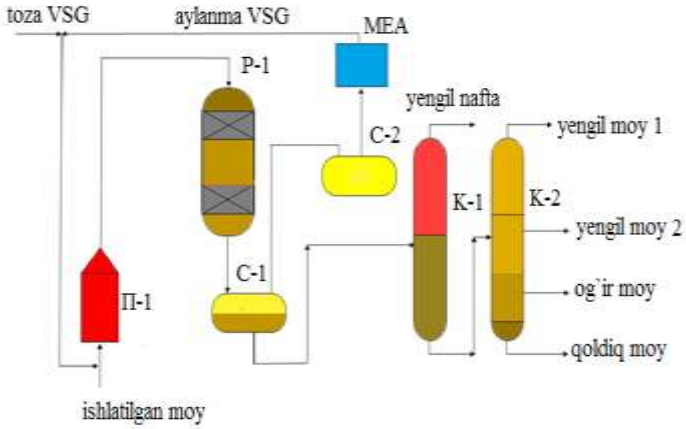


Рисунок 1. Технологическая схема процесса гидроочистки: П-1 — трубчатая печь; Р-1 — реактор; С-1, С-2 — сепараторы; К-1, К-2 — ректификационные колонны.

Недостатками гидроочистки являются высокая потребность в водороде и ограниченность экономически целесообразной производительности: согласно зарубежным источникам, она составляет 30–50 тыс. тонн в год. Поэтому такие установки обычно строят на нефтеперерабатывающих предприятиях, располагающих избытком водорода и возможностями его переработки [4].

Процессы с использованием металлического натрия применяют для очистки отработанных масел от полициклических соединений (смол), высокотоксичных хлорсодержащих соединений, продуктов окисления и присадок. При этом образуются высококипящие полимеры и соли натрия, что позволяет затем отогнать очищенное масло. Выход очищенного масла превышает 80 %; процесс не требует избыточного давления и катализаторов, при этом не выделяются хлор и сероводород. Среди промышленных процессов, в которых используется суспензия металлического натрия в нефтяном масле, наиболее распространён процесс Recyclon. Процесс Lubrex, в котором применяются гидроксид натрия и бикарбонат натрия, позволяет перерабатывать до 95 % любых отработанных масел [5]. В процессе Lubrex отработанное масло

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

INTERNATIONAL JOURNAL OF STATISTICAL ANALYSIS
ISSN: 2690-2265
ACCEPTED: 04.11.2026
PUBLISHED: 05.10.2026

смешивают с водородсодержащим газом, нагревают в трубчатой печи и перед поступлением в реактор добавляют гидроксид натрия. Образовавшиеся высококипящие полимеры и соли натрия отделяют в сепараторе, после чего масло разделяют на фракции в колоннах.

Основные характеристики рассмотренных химических методов обобщены в таблице 1.

Сравнительная характеристика химических методов. ***Таблица 1.***

Метод	**Преимущества**	**Недостатки**
Сернокислотная очистка	Наиболее распространена в мире	Образование отходов кислого гудрона; арены и хлорсодержащие соединения не удаляются
Кавитационная очистка	Удаляются асфальтосмолистые соединения, кокс и сажа; режим выбирается в зависимости от типа масла	Сложная трёхконтурная установка
Гидроочистка	Высокое качество и выход продукции, экологическая чистота	Потребность в водороде; экономически целесообразная производительность — 30–50 тыс. т/год
Процессы на основе натрия	Выход более 80 % (для Lubrex — до 95 %); не требуются давление и катализатор	Необходима специальная установка для работы с металлическим натрием

Данные таблицы показывают, что по сравнению с сернокислотной очисткой, сопровождающейся образованием отходов, процессы гидрирования и процессы на основе натрия имеют преимущества по показателям выхода и экологичности, поэтому их всё шире применяют для переработки отработанных масел. Установки гидроочистки строят на нефтеперерабатывающих предприятиях, располагающих избытком водорода, а кавитационная установка

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ISSN: 2690-2265
ACCEPTED: 04.11.2026
PUBLISHED: 05.10.2026

позволяет выбирать режим в зависимости от типа масла и степени его загрязнения. При выборе технологии решающее значение имеют экологические и экономические факторы. Сернокислотный метод из-за образования кислого гудрона создаёт проблему утилизации отходов и представляет опасность для окружающей среды [1]. Гидроочистка характеризуется высокой экологической чистотой, однако из-за значительной потребности в водороде её экономически целесообразная производительность ограничивается 30–50 тыс. тонн в год [4]. В процессах на основе металлического натрия не требуются избыточное давление и катализатор, не выделяются хлор и сероводород, что определяет их экологические преимущества [3]. В процессе регенерации можно получать базовые масла, по качеству близкие к свежим; в зависимости от качества сырья выход составляет 80–90 %, а современные технологические процессы позволяют повторно восстанавливать базовые масла [1]. Одним из факторов, снижающих экономическую эффективность, являются высокие затраты на сбор, хранение и транспортировку отработанных (в частности, гидравлических) масел к месту переработки. Поэтому целесообразно размещать установки переработки вблизи районов сбора сырья.

На основе проведённого анализа современные тенденции можно обобщить следующим образом. Во-первых, процессы очистки развиваются в направлении применения схем с замкнутыми контурами и циркуляционными циклами (возврат ВСГ в циркуляционный цикл, многоконтурная кавитационная установка), что позволяет эффективно использовать ресурсы. Во-вторых, базовые масла, полученные в результате регенерации, компаундируют с пакетами присадок и выпускают в виде товарных моторных, трансмиссионных, турбинных, дизельных, гидравлических и смазочных масел, что повышает стоимость продукции. В-третьих, вместо применения одного метода всё чаще используют сочетание физических, физико-химических и химических методов, что позволяет восстанавливать масла различных марок и с разной степенью загрязнения. В-четвёртых, растёт потребность в методах, обеспечивающих

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ISSN: 2690-2265
ACCEPTED: 04.11.2026
PUBLISHED: 05.10.2026

удаление полициклических аренов и токсичных хлорсодержащих соединений, поскольку сернокислотная очистка не удаляет эти компоненты [5].

Заключение. Несмотря на то что сернокислотный процесс является наиболее распространённым среди методов химической очистки отработанных масел, он не является экологически оправданным из-за образования отходов кислого гудрона и неспособности удалять токсичные соединения. Технологии гидроочистки и процессы на основе натрия обеспечивают высокий выход продукции и экологические преимущества, а кавитационная установка позволяет выбирать режим в зависимости от типа масла. Общими ограничениями этих методов являются потребность в водороде и сложность оборудования. При выборе технологии необходимо одновременно учитывать тип сырья, объём переработки и экологические требования.

Список использованной литературы

1. Makhmudov, M. J., Zamirovich, B. Z., Khuzjakulov, A. F., Saloydinov, A. A., Tukhtayev, N. N., & Khotamov, Q. S. (2024). Method for reducing aromatic hydrocarbons in composition of gasoline. Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 25(2).

2. Ахадов АА, Кобул ШУ, Жасур АУ. Высокоцетановые дизельные топлива из южного Кульбешкак отборной нефти. Science and Education. 2021;2(12):304-9.

3. Хотамов, К. Ш. У., Салимова, З. С., & Сафаров, Ж. А. У. (2021). ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ЭТИЛБЕНЗОЛА. Universum: технические науки, (6-4 (87)), 47-49.

4. Хотамов, К. Ш. У., Салимова, З. С., & Сафаров, Ж. А. У. (2021). ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ЭТИЛБЕНЗОЛА. Universum: технические науки, (6-4 (87)), 47-49.

5. Хотамов, К. Ш. У., Салимова, З. С., & Сафаров, Ж. А. У. (2021). ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ЭТИЛБЕНЗОЛА. Universum: технические науки, (6-4 (87)), 47-49.

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/