

УДК 534.8:665.6

## Ультразвукове гідрування мазуту

Бондар Р.О., Гришко І.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Зростання ціни на нафту та попит на світлі нафтопродукти стимулюють розвиток методів переробки важких фракцій. Традиційні методи мають обмежену ефективність, тому досліджується новий підхід — кавітаційне гідрування, який базується на застосуванні ультразвукової кавітації. Метою є визначення оптимальної кількості циклів дії кавітаційної установки на мазут для максимального виходу бензинових і дизельних фракцій із оброблювальної рідини. Експерименти проводилися на установці, що працює на частотах 19-25 кГц, із подачею водню в кількості 1,163 г на 350 г мазуту. Після кожного циклу пробу охолоджували до 40 °С. Максимальний вихід світлих фракцій (56%) досягався за 4 цикли. Збільшення кількості циклів спричиняло зниження виходу через деградацію оброблювальної рідини. Визначено, що оптимальним є 4 цикли кавітаційного гідрування, що робить метод перспективним для промислового застосування завдяки високому виходу світлих фракцій.

**Ключові слова:** ультразвук; ультразвукова кавітація; кавітація; нафтопродукти; важкі нафтопродукти; переробка мазуту кавітаційне гідрування; гідрування

Зростання цін на нафту у світі збільшило розвиток нафтопереробної промисловості. Збільшення попиту на нафтопродукти зі зміщенням акценту у структурі виробництва в бік бензину та зрідженого газу передбачають аналітики нафтової компанії British Petroleum [1-2]. Багато світових компаній досліджують питання отримання легких фракцій з важких вуглеводневих залишків.

На сьогоднішній день існують такі типи переробки важких вуглеводневих сполук, після первинної переробки нафти: вісбрекінг, каталітичний крекінг, кавітаційне гідрування та ін. Вісбрекінг та каталітичний крекінг мають ряд недоліків у порівнянні з методом кавітаційного гідрування [3-9]. Даний метод переробки мазуту полягає у застосуванні ультразвукової кавітації з метою отримання світлих фракцій нафтопродуктів. Також для застосування даного методу необхідна певна кількість водню [10-12]. Однією з переваг є можливість використання даного методу на різних типах мазутів та інших важких нафтопродуктах.

На рис. 1 представлена кавітаційна установка, яка дозволяє проводити експериментальні дослідження з важкими нафтопродуктами у закритому об'ємі.

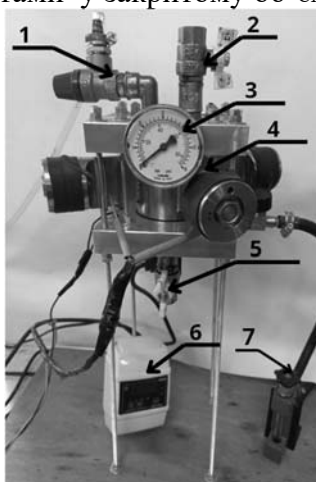


Рис.1. Установка для кавітаційного гідрування важких нафтопродуктів (1 –клапан тиску, 2- заливна горловина, 3 –манометр, 4-кавітаційна камера, 5 –зливний кран, 6- датчик температури, 7 – регулятор витрати)

План побудови експерименту:

Об'єм кавітаційної камери 450 мл. Об'єм оброблювального зразка 350 мл. В якості досліджуваної рідини обрано важкий нафтопродукт типу мазут. Кількість легких фракцій у даній робочій рідині = 0 %. Провівши розрахунок визначено, що кількість подачі водню на 350 мл мазуту дорівнює 12,95 л або 1,163г. Провівши циклу кавітаційного гідрування, з метою визначення відсотку світлих фракцій, оброблену рідину подавали до перегінної установки.

Проведення наступних експериментів з впливу кавітаційного гідрування на мазут протягом 2-6 циклів потребувало завершення кожного циклу при зростанні температури до 90°C. В проміжках між циклами, робоча рідина, залишаючись у закритій робочій камері, піддавалась охолодженню до 40 °С, після чого цикл повторювався знову. Результати експериментальних досліджень представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати досліджень

Кількість циклів	Бензинова фракція до 180 °С, %	Дизельна фракція від 180 до 360 °С, %	Загальна кількість світлих фракцій, %
1	0	0	0
2	0	4	4
3	7	47	54
4	3	53	56
5	2	12	14
6	4	6	10

На основі результатів досліджень представлених у таблиці створено графік залежності загальної кількості виходу світлих фракцій у залежності від кількості проведених циклів (рис.2).

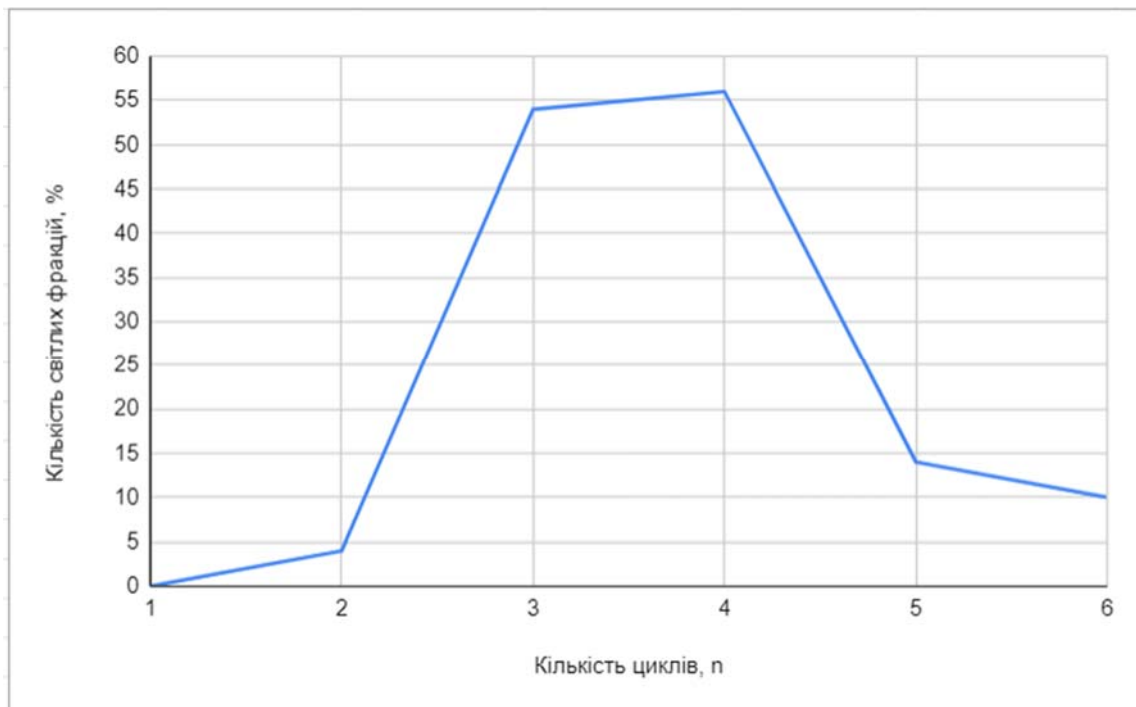


Рис. 2. Графік залежності відсотку виходу світлих фракцій залежно від кількості циклів

В результаті дії кавітаційного гідрування на мазут протягом 3-5 хв (один цикл) зміна кількості світлих фракцій не відбулась. При збільшенні кількості циклів кавітаційного

гідрування виявлено збільшення відсотку виходу світлих фракцій. Але при збільшенні кількості циклів вище 4-х на представлений установці відсоток бензинових та дизельних фракцій різко знижується.

Також побудовано стовпчасту діаграму відсотку бензинових та дизельних фракцій (рис.3)



**Рис.3. Стовпчаста діаграма відсотку кількості бензинових та дизельних фракцій залежно від кількості циклів**

З представленої діаграми слідує, що технологія кавітаційного гідрування мазуту призводить до отримання більшої кількості дизельних фракцій, який значно більше відсотку бензинової.

### Висновки

1. Методом експерименту встановлено необхідну кількість циклів дії кавітаційного гідрування, що дорівнює 4 для отримання найбільшого відсотку світлих фракцій з мазуту. В ході досліджень визначено, що загальна кількість отриманих світлих фракцій дорівнює 56%. Також визначено, що збільшення кількості циклів вище 4-х, на даній установці, призводить до зменшення значення виходу світлих фракцій. Так як після процесу перегонки мазуту, який оброблявся протягом 5-6 циклів, кількість кубового залишку в розгінній колбі збільшилась, можна припустити, що довгий вплив кавітаційного гідрування на важкий нафтопродукт призводить до вибивання молекул водню з оброблювального нафтопродукту. Що в результаті призводить до зниження кількості отриманих світлих фракцій.

2. Також визначено, що дія методу кавітаційного гідрування мазуту на даній установці дозволяє отримати значно більшу кількість виходу дизельних фракцій, ніж бензинових.

### Список літератури

1. Глобальний енергетичний прогноз // Нафтогазові технології. 2005. № 1. С. 43.
2. Ткачук В.В. Робоча програма з дисципліни «Товарознавство паливно-мастильних матеріалів». 2018. 26 с.
3. Gary J.H., Handwerk J.H., Kaiser M.J., Geddes D. Petroleum Refining: Technology and Economics. 5th ed. CRC Press, 2007. DOI: 10.4324/9780203907924.
4. Коріненко Б.В., Худоярова О.С., Хутько М.В., Ранський А.П. Особливості термодеструкції вторинної полімерної сировини. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 1. С. 29-35. DOI: 10.31649/1997-9266-2021-154-1-29-36.
5. Шарко В.А., Сімахіна Г.В., Печонкін А.В. Інноваційні методи переробки важких нафтопродуктів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2019. № 1. С. 82-87. Режим доступу: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2673/2511>
6. П. І. Топільницький, В. В. Романчук, Т. В. Ярмола, Д. В. Зінченко. Фізико-хімічні властивості важких нафт з високим вмістом сірки. Вісник НУ "Львівська політехніка". 2020. № 3. С. 75-82. DOI: 10.23939/ctas2020.01.075.
7. Prasad S.K., Kakati A., Sangwai J.S. "Rheology of Polymer Blends and Nanocomposites"; Elsevier, 2020; С. 161–192. DOI: 10.1016/B978-0-12-816957-5.00008-2.
8. Eser S. Chemistry of Catalytic Cracking. FSC 432: Petroleum Refining. Penn State University. Режим доступу: <https://www.e-education.psu.edu/fsc432/content/chemistry-catalytic-cracking>
9. Chin Yen J. Hydrocracking vs Catalytic Cracking. FSC 432: Petroleum Refining. Penn State University. Режим доступу: <https://fsc432.dutton.psu.edu/2014/07/06/hydrocracking-vs-catalytic-cracking/>
10. Войтович О.В. Практична реструктуризація вуглеводнів та вуглеводів. Київ, 2018. 77 с.
11. Suas F., Safri A., Benmouna A. Огляд реології важких нафт для трубопровідного транспорту. Oil Research. 2021. № 6. С. 116-136. DOI: 10.1016/j.ptlrs.2020.11.001.
12. Meyer R.F., Attanasi E.D. Важкі нафти і природний бітум – стратегічні ресурси. USGS Fact Sheet. 2003. DOI: 10.3133/fs0700.

## Ultrasonic Hydrotreatment of Fuel Oil

Roman Bondar, Igor Hryshko

*The rising price of crude oil and the increasing demand for light petroleum products drive the development of methods for processing heavy fractions. Traditional methods have limited efficiency, prompting the exploration of a novel approach—cavitational hydrotreatment based on the application of ultrasonic cavitation. The goal is to determine the optimal number of cavitation unit cycles applied to fuel oil to maximize the yield of gasoline and diesel fractions from the treated liquid. Experiments were conducted using a setup operating at frequencies of 19–25 kHz, with the addition of 1.163 g of hydrogen per 350 g of fuel oil. After each cycle, the sample was cooled to 40°C. The maximum yield of light fractions (56%) was achieved after 4 cycles. Increasing the number of cycles led to a reduction in yield due to the degradation of the treated liquid. It was determined that 4 cycles of cavitational hydrotreatment is optimal, making the method promising for industrial application due to the high yield of light fractions*

*Keywords:* ultrasonic; ultrasonic cavitation; cavitation; petroleum products; heavy petroleum products; fuel oil processing; cavitational hydrotreatment; hydrotreatment