

зотермичностью реакции, что осложняет поиск эффективного катализатора для его реализации. Типичным катализатором для гидрирования оксидов углерода являются никельсодержащие системы на оксидных подложках [2], однако сильное взаимодействие металл-носитель приводит к чрезмерному спеканию частиц активной фазы при повышении температуры процесса, что приводит исследователей к постепенному отказу от оксидных подложек в пользу альтернативных носителей [3]. Целью данной работы является подбор синтез и оценка каталитических свойств никельсодержащих каталитических систем, на основе углеродных носителей.

В качестве углеродсодержащего носителя был выбран берёзовый активированный уголь (БАУ), концентрация никеля составила 20% масс, методы синтеза – пропитка (Ni/БАУ-П) и гидротермальная карбонизация (Ni/БАУ-ГТС). Первый метод заключался в пропитке по влагеёмкости навески БАУ раствором нитрата никеля до полного испарения жидкости с последующим прокаливанием при 400 °С в инертной атмосфере. Процесс гидротермальной карбонизации заключался в обработке в автоклаве при 230 °С в инертной атмосфере носителя субкритической водой для дополнительной функционализации

углеродного скелета. При таком методе синтеза активная каталитическая фаза возникает за счёт использования раствора нитрата никеля в качестве источника субкритической воды.

Синтезированные углеродсодержащие каталитические системы испытывали в условиях процесса гидрирования монооксида углерода ($\text{CO}:\text{H}_2 = 1:3$) при $T = 270\text{--}390$ °С, атм. давлении и нагрузке по сырью 5000 ч⁻¹. Показано, что в присутствии образца Ni/БАУ-П конверсия монооксида углерода достигает 8 %, а выход метана 10 г/м³, тогда как в присутствии Ni/БАУ-ГТС конверсия CO и выход CH₄ составляют 12 % и 14 г/м³, соответственно, что позволяет сделать вывод о более высокой каталитической активности последнего. Таким образом, метод гидротермальной карбонизации для синтеза каталитических систем на основе углеродсодержащих подложек является наиболее перспективным направлением для гидрирования оксидов углерода.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИХХС РАН и при финансовой поддержке правительства Тюменской области в рамках реализации Соглашения о предоставлении гранта в форме субсидии некоммерческим организациям № 89-ДОН от 07.12.2020 г.

Список литературы

1. Chauvy R. et al. Production of synthetic natural gas from industrial carbon dioxide // *Appl Energy*. Elsevier, 2020. – Vol. 260. – P. 114249.
2. Riani P. et al. Ni/Al₂O₃ catalysts for CO₂ methanation: Effect of silica and nickel loading // *Int J Hydrogen Energy*. Pergamon, 2023.
3. Popandopulo M. V. et al. Hydrogenation of Carbon Monoxide on Composite Catalytic Systems Based on Nickel and Polyvinyl Alcohol // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. TUMA GROUP, 2022. – Vol. 629. – № 1. – P. 29–33.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

М. Н. Чернышов, Н. С. Белинская

Научный руководитель – к.т.н., доцент ОХИ Н. С. Белинская

Томский политехнический университет
634050, Томск, пр. Ленина, 30, mnc4@tpu.ru

Качественные показатели нефти, а именно её плотность, вязкость с каждым годом возрастает, что говорит об утяжелении нефти, в связи с этим возрастает большой интерес к процессам нефтепереработки, которые способны перерабатывать данное сырьё без особых проблем, с получением качественного нефтепродукта. В связи с выше сказанным, очевидно, что интерес к

повышению глубины переработки и получения качественного нефтепродукта становится всемирным трендом [1].

Высокий интерес к гидрокрекингу тяжелого нефтяного сырья, обусловлен также тем, что данный процесс при варьировании рабочих параметров установки позволяет получать нефтепродукты соответствующего качества, с низким

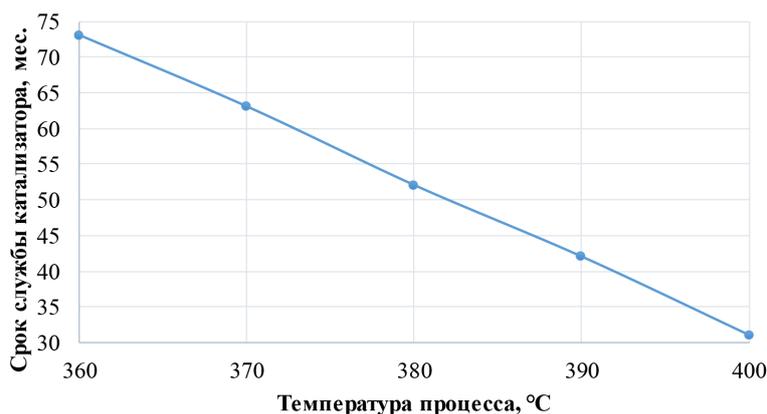


Рис. 1. Влияние температуры процесса гидрокрекинга на срок службы катализатора

содержанием серы, ключевые из них – бензиновая и дизельная фракции.

В условиях, в которых, протекает процесс гидрокрекинга, частой проблемой является отравление, закоксованность катализатора, а при его выходе из эксплуатационного режима страдает всё производство, поэтому важно дистанционно примерно понимать в каком состоянии находится катализатор.

Целью данной работы является выявление математической зависимости влияния температуры на срок службы катализатора процесса гидрокрекинга.

На основании источника [2] была определена функциональная зависимость для учета активности катализатора:

$$K_a = \frac{S(t)}{S_0}$$

Активная площадь катализатора на текущий момент времени вычисляется с использованием следующей функциональной зависимости:

$$S = S_0 e^{(-k_g t)}$$

Учетная степень дезактивации катализатора используется в расчете констант прямых ско-

ростей реакций, которые вычисляются по уравнению Аррениуса:

$$k_i = K_a k_{0i} e^{\left(\frac{E}{RT}\right)}$$

На рисунке представлена графическая зависимость температуры процесса на срок службы катализатора гидрокрекинга.

По результатам анализа рисунка можно сделать ключевые выводы, что при увеличении температуры процесса с целью повышения глубины нефтепереработки приводит к быстрому выходу из эксплуатационного режима катализатор, исходя из практических наблюдений и произведенного расчета, анализа графика делаем заключение, что наиболее оптимальной температурой процесса гидрокрекинга является 380 °C.

Результаты учета функциональной зависимости степени дезактивации катализатора гидрокрекинга, позволило не только повысить точность расчета дифференциальных уравнений изменения концентрации веществ, но и определить срок службы катализатора в зависимости от температуры.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-73-00216, <https://rscf.ru/project/22-73-00216/>.

Список литературы

1. Онищенко М. И. // *Нефтехимия*, 2018. – Т. 58. – № 4. – С. 443–450.
2. Хавкин В. А., Гуляева Л. А., Никульшин П. А. // *Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт*, 2019. – № 9. – С. 3–6.
3. Кузьмина Р. И., Ромаденкина С. Б., Аниськова Т. В. *Промышленный катализ и технологии катализаторов: Учеб. пособие для студентов Института химии*. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2018. – 88 с.