

фракции на цеолитсодержащих катализаторах в высокооктановые бензины, модифицированных гетерополисодержащими соединениями.

Цеолиты типа MFI синтезировали из щелочных алюмокремнегелей при температуре 170–175 °С в течение 4 суток с использованием органической структурообразующей добавки «Х-масла», побочный продукт производства капролактама [1].

Конверсию ПБФ состава: метан – 0,3; этан – 3,0; пропан – 80,9; бутаны – 15,8 мас. % проводили на модифицированных цеолитных катализаторах по методике, описанной в [2].

В работе проводились исследования каталитической активности промышленного цеолитсодержащего катализатора Н-ЦКЕ-ХМ, модифицированного гетерополисодержащими соединениями.

На рисунке 1 предложен график выхода ароматических соединений от температуры процесса конверсии.

Таким образом, увеличение выхода жидкой фазы, видим на катализаторе Н-ЦКЕ-ХМ равно

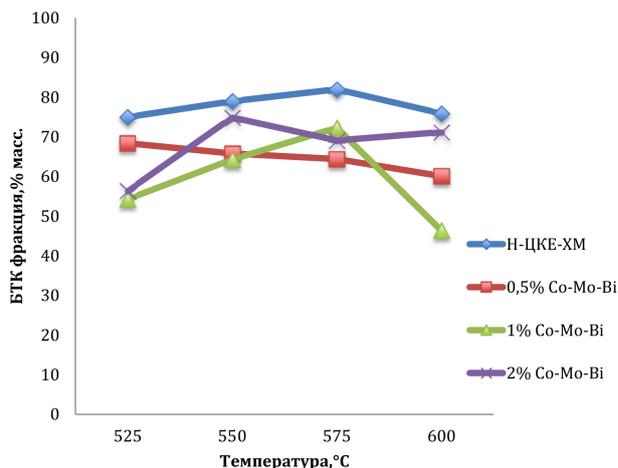


Рис. 1. Влияние температуры процесса на выход жидкой фазы на катализаторе Н-ЦКЕ-ХМ, модифицированном ГПС (Co-Mo-Bi)

82,0% при 575 °С и 75,0% при 525 °С, что обусловлено условиями протекания процесса и эксплуатацией катализатора, а также подтверждает большую каталитическую активность образца по сравнению с модифицированными цеолитами.

### Список литературы

1. Ерофеев В.И., Коваль Л.М. Пат. России № 2313487, 2007. Опубл.: 27.12.2007. Бюл. № 36.
2. Trofimova A.S., Koval L.M., Erofeev V.I. Syn-

thesis of lower olefins from C3-C4 alkanes on ZSM-5 zeolites modified with alkali metals. Russian Journal of Physical Chemistry, 2000.– Vol.74.– № Suppl.3.– P.537–540.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА

И.М. Долганов, Р.Ф. Хосоенова, Н.А. Чиркина  
 Научный руководитель – к.т.н., доцент И.М. Долганов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, n.chirkina96@bk.ru

Природный газ в современном мире считают одним из наиболее распространенных источников энергии. Газ должен пройти промышленную подготовку для соответствия требованиям по качеству и энергетическим характеристикам. Основным принципом, лежащим в процессе подготовки газа, является низкотемпературная сепарация.

Технология базируется на охлаждении природного газа и отделении воды и жидких углеводородов. Однократная конденсация реализуется с помощью эффекта Джоуля-Томсона при температурах от минус 10 до минус 25 °С.

На рисунке 1 показана принципиальная схе-

ма установки низкотемпературной сепарации газа.

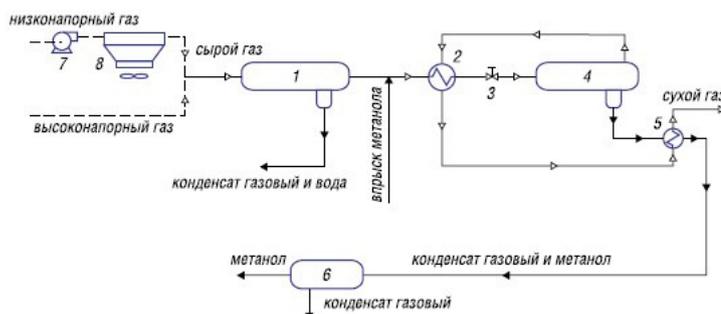
При проектировании процесса низкотемпературной сепарации необходимо учитывать, что происходит изменение параметров работы оборудования при изменении положения задвижек, расхода сырьевого потока и потока теплоносителя и других параметров. Изменение параметров происходит в результате переходных процессов, которые характеризуются постоянным стремлением установить в системе стационарный режим с новыми значениями управляющих параметров. Поэтому необходимо отслеживать зависимости различных переходных процессов

от управляющих параметров и времени.

Расчет данных процессов при моделировании осуществляется благодаря ряду законов и зависимостей:

- Расчет фазового равновесия;
- Расчет давления насыщенных паров;
- Расчет теплообменного оборудования;
- Другие расчетные параметры (пропускная способность клапана, гидродинамическое сопротивление аппаратов и трубопроводов, плотность газов в условиях сепарации, факторы уноса, коэффициент сжатия газа и др.).

В ходе работы: изучен процесс НТС по имитационной динамической модели, способной отображать процессы перехода в другое стационарное состояние при динамическом возмущении; выявлены зависимости изменения основных факторов (точка росы, расход, температура и давление), влияющих на эффективность процесса, от скоростей закрытия клапана (0,5, 0,1,



**Рис. 1.** Схема установки низкотемпературной сепарации газа

1, 4 – сепараторы; 2, 5 – теплообменник; 3 – дроссель; 6 – разделитель; 7 – насос; 8 – емкость

0,01, 0,001 %/с). Для максимальной адекватности существующей модели определено ДНП и ТТР по воде и углеводородам, рассчитан расход ингибитора гидратообразования, построена модель противоточного теплообменника типа «вытеснение–вытеснение»; при увеличении доли легких компонентов в составе газового конденсата возрастает давление насыщенных паров смеси. По написанной динамической модели теплообменника по исходным температурам потоков определены конечные значения температур.

### Список литературы

1. Тараканов Г.В., Мановян А.К. Основы технологии природного газа и конденсата.– АГТУ, 2010.– С.192.
2. Писарев М.О. Моделирование режимов работы аппаратов установки подготовки газа и газового конденсата в технологии низкотемпературной сепарации / Писарев М.О., Долганов И.М., Ивашкина Е.Н. // Нефтегазовое дело, 2014.– №3.– С.187–206.
3. ГОСТ Р 53763-2009. Газы горючие природные. Определение температуры точки росы по воде.– Москва: Стандартинформ, 2010.– 46с.
4. Акберов Р.Р. Теоретические основы химической технологии // Особенности расчета фазового равновесия пар-жидкость многокомпонентных систем при использовании уравнения Соавы-Редлиха-Квонга.-Казань: ООО «Инженерно-внедренческий центр «Инжсхим», 2011.– Т.45.– №3.– 329–335с.

## АНАЛИЗ ХРОМАТОГРАММ ГИДРОГЕНИЗАТА И СТАБИЛЬНОГО КАТАЛИЗАТА ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

И.Р. Долгов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.С. Белинская; к.т.н., доцент М.В. Киргина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [ilya.dolgov94@mail.ru](mailto:ilya.dolgov94@mail.ru)

Постоянное увеличение спроса на нефтепродукты, расширение их ассортимента, ужесточение требований к качеству, а также стремление промышленных предприятий к сокращению затрат и повышению эффективности производства

обуславливают поддержание интереса к исследованию вторичных каталитических процессов переработки нефти [1].

В настоящее время процесс каталитического риформинга, относящийся к вторичной пе-