

Отложение кокса при пиролизе вакуумного газойля после гидрокрекинга

*Приведены
исследовательские
данные о пиролизе
на лабораторной
установке
остатка легкого
гидрокрекинга
тяжелого сырья.*

*Чем жестче процесс
гидрокрекинга,
тем меньше отложение
кокса на стенках труб
реактора при пиролизе.*

*Вероятно, это связано
с уменьшением
содержания в остатке
компонентов, склонных
к коксообразованию:
преимущественно
би- и полициклических
ароматических
углеводородов.*

В о всем мире не ослабевает интерес к переработке высококипящих фракций в связи с необходимостью углубления переработки нефти и расширения сырьевой базы нефтехимических процессов. Одним из способов переработки этих фракций является пиролиз. Но, несмотря на большие успехи в этой области, ряд принципиальных вопросов остается еще не решенным, в частности вопрос коксоотложения на стенках реактора.

В результате исследований [1] показано, что для использования высококипящих фракций в качестве сырья пиролиза необходимо их предварительное гидрооблагораживание. Один из наиболее привлекательных видов такого сырья — остаток легкого гидрокрекинга вакуумного газойля. Его преимущество — сравнительно низкая стоимость: в 1,5 раза ниже, чем гидроочищенного дизельного топлива, и в 2–2,5 раза ниже, чем прямогонного бензина.

Из сравнения в табл. 1 физико-химических характеристик остатка легкого гидрокрекинга и гидроочищенного дизельного топлива, получаемых на Мозырском НПЗ, следует возможность использования сырья первого вида в качестве сырья пиролиза. Так, индекс корреляции для вакуумного газойля после гидрокрекинга составляет 24,8–35,6, для гидроочищенного дизельного топлива — 30,6.

Это позволяет ожидать приблизительно одинакового выхода непредельных углеводородов из сырья данных видов. Групповой состав этих видов сырья различается более сильно, поэтому для вакуумного газойля необходимо экспериментально подтвердить уровень коксоотложения.

Таблица 1

Показатели	Гидроочищенное дизельное топливо	Остаток легкого гидрокрекинга	
		обр. 1	обр. 2
Плотность при 20°C, кг/м ³	838	891	876
Показатель преломления n_D^{20}	1,4680	1,4886	1,4963
Молекулярная масса	200	348	375
Температура, °C			
вспышки	—	198	220
застывания	-10	+32	+33
Коксуемость, % (масс.)	0,23	0,59	0,176
Содержание серы, % (масс.)	0,2	0,01	0,16
Фракционный состав, °C			
н.к.	195	354	375
10%	232	375	407
50%	270	419	444
90%	344	477	506
Индекс корреляции	30,6	35,6	24,8
Групповой химический состав, % (масс.)			
углеводороды			
парафино-нафтеновые	76	57,9	63,1
ароматические			
моноциклические	11,5	20,1	17,5
бициклические	8,8	10,6	14,2
полициклические	3,4	8,5	4,9
смолисто-асфальтеновые соединения	1,1	2,9	0,3

Ниже приведен усредненный материальный баланс установки легкого гидрокрекинга:

Взято, % (масс.)	
Вакуумный газойль +	
+ водород	101,7
Получено, % (масс.)	
Сероводород	1,3
Углеродородный газ	1,7
Бензиновая фракция	3,0
Фракция дизельного топлива ..	19,7
Остаток вакуумного газойля ...	76,0
Итого	101,7

Благодаря большому выходу после гидрокрекинга вакуумный газойль можно вовлекать в пиролиз без ущерба для основного канала сбыта — в качестве экологически чистого печного топлива. Для окончательной оценки рассматриваемых гидрооблагороженных продуктов как сырья пиролиза важно определить уровень коксоотложения при их использовании [2].

Эксперименты проводили на лабораторной установке пиролиза (см. рисунок). Главным ее элементом является трубчатая печь — реактор пиролиза. Устройства 1—22 обеспечивают подачу сырья и воды в точном соотношении. Принцип действия основан на вытеснении жидкости с заданной постоянной скоростью поршнем 5, 6 из металлического цилиндра 7, 8. Скорость задается шкивами 17, 18. После этого происходит испарение воды, перегрев пара до заданной температуры и смешивание его с сырьем.

Паросырьевая смесь направляется в реактор пиролиза — трубку из легированной стали в фарфоровом кожухе с намотанной нагревательной нихромовой спиралью, где подвергается действию высокой температуры, задаваемой системой КИПиА. Продукты пиролиза разделяются на газообразную и две жидкие фракции. Система КИПиА кроме задания температур и управления электромеханической частью установки обеспечивает съем температурного профиля реактора в четырех точках: на входе, на 1/3, 2/3 длины и на выходе.

Основные параметры процесса можно регулировать в диапазонах: отношение пар:сырье — от 0,1 до 2; температуру пиролиза — от 650 до 850°C; длительность пребывания сырья в реакторе — от 0,1 до 2 с. Установка оснащена устройством для предварительного подогрева сырья, что позволяет в его качестве использовать углеводородные смеси с температурой застывания вплоть до 60°C.

Нами в качестве сырья использован вакуумный газойль, полученный при разных температуре гидрокрекинга и загрузке по сырью (остальные параметры процесса были постоянными). Пиролиз проводили при отношении пар:сырье, равном 1, температуре 870°C и длительности пребывания сырья в реакторе 0,4 с.

Результаты экспериментов приведены в табл. 2. Как видно, между суммарным содержанием ПНУ и Ar_{VI} и индексом корреляции существует взаимосвязь. Увеличение суммарного содержания этих углеводородов с 76,85 до 86,3% (масс.) сопровождается понижением индекса корреляции с 36,4

до 30,1. Кроме того, прослеживается зависимость коксоотложения от содержания в гидроочищенном остатке би- и полициклических ароматических углеводородов.

При снижении суммарного содержания Ar_{VII} , Ar_{VIII} и САВ с 23,17 до 13,7% (масс.) происходит уменьшение коксоотложения на стенках трубы реактора с 5,4 до 4,8% (масс.). Вероятно, это связано с уменьшением содержания в сырье компонентов, способствующих коксоотложению: би- и полициклических ароматических углеводородов, а также смолисто-асфальтеновых соединений [3, 4].

Результаты исследования подтверждают возможность использования остатка легкого гидрокрекинга в качестве сырья пиролиза. Однако для рентабельной эксплуатации промышленных печей необходимо снизить коксоотложение до приемлемого уровня. Регулировать коксоотложение можно изменением комплексного параметра — индекса корреляции, а также химического состава сырья гидрокрекинга путем уменьшения суммарного содержа-

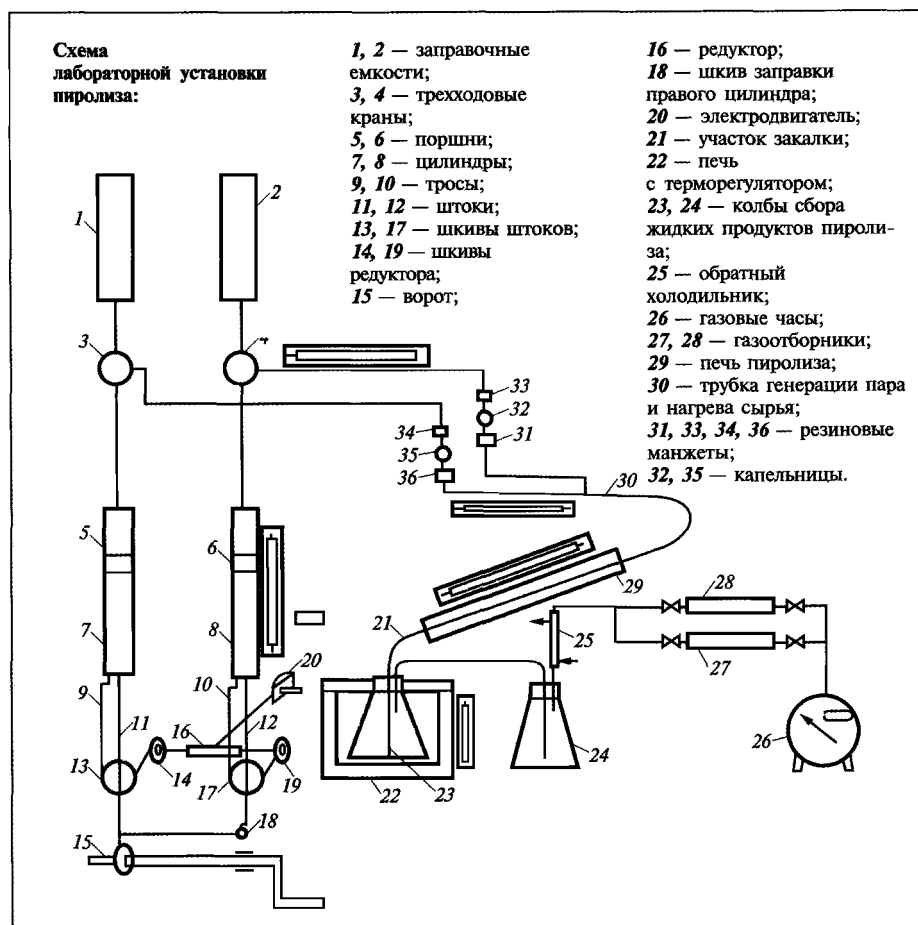


Таблица 2

Групповой состав, % (масс.)		Индекс корреляции	Коксоотложение, % (масс.)
ПНУ+АрУІ	АрУІІ+АрУІІІ+САВ		
81,5	18,9	38,6	5,5
76,85	23,17	36,4	5,4
75,8	24,2	35,9	5,4
79,8	20,2	33,1	5,1
80,2	19,4	32,7	5,0
86,3	13,7	30,1	4,8

Обозначения: ПНУ — парафино-нафтеносодержащие углеводороды; АрУІ, АрУІІ, АрУІІІ — ароматические углеводороды соответственно I, II и III групп; САВ — смолисто-асфальтеновые вещества.

ния в нем высокоактивных предшественников кокса — би- и полициклических ароматических углеводородов и смолисто-асфальтеновых веществ (АрУІІ+АрУІІІ+САВ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nowak S., Anders K. — In: Proc. Conf., Kuwait, March 5–8, 1989. Amsterdam etc., 1990, p. 103–127.
2. Дмитриев В. М. — Химическая технология, 1991, № 6, с. 7–10.
3. Теснер П. А., Шеин О. Г. — Нефтехимия, 1986, т. 26, № 4, с. 529–532.
4. Wan Wenju, Lai Xiangjun. — Petrochem. Technol., 1993, v. 22, N 5, p. 313–316.

Полоцкий государственный университет (Республика Беларусь)

Информация. Рецензии

Новый учебник по процессам и аппаратам химической технологии

В издательствах «Логос» и «Высшая школа» (М., 2002) вышел в свет в двух книгах (кн. 1 — 912 с., кн. 2 — 872 с.) учебник «Общий курс процессов и аппаратов химической технологии» под редакцией В. Г. Айнштейна.

Его авторы: В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов, В. В. Захаренко, Т. В. Зиновкина, А. Л. Таран, А. Е. Костянян.

Учебник включает предисловие (в нем — взгляд авторов на концепцию вузовского учебника) и 24 главы, каждая из которых завершается списком литературы.

В учебнике изложены теоретические основы организации, математического описания и инженерного расчета основных химико-технологических процессов с использованием закономерностей переноса импульса, теплоты, вещества, а также принципы функционирования аппаратуры для осуществления этих процессов. На них базируются анализ и расчет конкретных процессов химической и некоторых смежных технологий.

Наряду с традиционными для учебников по данной тематике главами, освещающими гидромеханические процессы, теплоперенос, массообменные процессы, ректификацию, сушку и т.д., рецензируемый учебник содержит ряд новых глав: «Основные понятия и соотношения», «Гранулирование», «Сопряженные и совмещенные процессы» и др. Но и в традиционных главах немало новых разделов, нетривиальных подходов к расчету аппаратов и трактовок результатов анализа: отдельная глава посвящена структуре потоков, оригинально изложены мембранные процессы разделения.

Учебник отличается повышенным вниманием к методологическим аспектам: проблемам линейности связей различных факторов, степени абстрагирования модели от реального объекта, условности классификаций, подмене задачи и др.

Особое внимание уделено обобщениям и связям между элементами изучения внутри разделов, между разделами и главами, объяснению физического смысла явлений и процессов, а также методической общности изложения. Введено и широко используется понятие пропускных способностей для процесса в целом и отдельных его стадий, что позволило упростить анализ ряда эксплуатационных задач, а также трактовку физического смысла обобщенных переменных — критериев подобия, чисел единиц переноса, факторов переноса, некоторых безразмерных коэффициентов.

К особенностям учебника следует также отнести:

- доминирование фундаментальных подходов с минимумом эмпирики и аксиоматики; стремление в первую очередь ответить на вопросы «зачем?» (постановка проблемы; отражение многокритериальности технологических задач и поливариантности их решений) и «почему?» (постижение закономерностей изучаемых явлений и логических связей; объяснение хода и результатов решения);
- углубленное освещение фундаментальных основ анализа технологических приемов и процессов;
- подробное рассмотрение типовых проблем с выявлением причинно-следственных связей при ограниченности количества объектов анализа (здесь иногда отбор авторами конкретных объектов является спорным).

Учебник написан четким и ясным языком.

Попытку авторов создать новый учебник, заметно отличающийся от существующих содержанием, обобщениями и новизной методических подходов, следует признать удачной. При написании последующих учебников по процессам и аппаратам химической технологии, несомненно, будут учитываться и использоваться многие положения и находки авторов рецензируемого учебника.

Учебник предназначен для студентов химико-технологических вузов и факультетов, а также вузов близкой (нефтехимической, биотехнологической, пищевой, фармацевтической) и достаточно далекой (энергетической, строительной, металлургической и др.) направленности. Он полезен аспирантам, научным работникам, инженерам, теоретически и экспериментально исследующим, проектирующим и эксплуатирующим процессы химической и нефтехимической технологии, а также работникам смежных областей знаний и отраслей промышленности.

Профессор А. И. Владимиров