

**СЕКЦИЯ 14**  
**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**  
**ПОДСЕКЦИЯ 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Н.С. Белинская, Е.В. Францина**

*Научный руководитель профессор Э.Д. Иванчина*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

По существующим технологиям на стадии приготовления моторных топлив (бензинов, дизельных топлив) не учитывается химическое взаимодействие между отдельными компонентами смеси (углеводородными потоками, антидетонационными присадками, оксигенатами и др.) приводит к расхождению важных показателей (октановых чисел, температуры застывания и др.) расчетных и экспериментально определенных на установках. Принципиальным следствием этого является:

- а) ухудшение качества продукции – товарных бензинов, дизельных топлив;
- б) снижение экономических показателей за счет перерасхода дорогостоящих компонентов, используемых в приготовлении.

При больших объемах производства товарной продукции экономические показатели могут достигать значительной величины. В случае, если продукт в резервуаре не соответствует требованиям, делается корректировка рецептуры. Данная операция требует много времени и не позволяет проводить коррекцию смеси во время процесса смешения, так как качественные параметры конечного продукта можно получить только после подачи в резервуар всех компонентов и их надлежащего смешивания.

Новая технология поточного смешения предполагает предварительный расчет расходов компонентов смеси. Операция смешения проводится в соответствии с заранее определенными расходами и физико-химическими свойствами продуктов процессов глубокой переработки нефти. Расход и свойства потоков зависят от углеводородного состава перерабатываемого сырья и активности катализатора.

Экспериментальные и теоретические исследования механизмов, режимов, условий и макроскопических закономерностей каталитических процессов производства моторных топлив (рифформинг бензинов, изомеризация пентан-гексановой фракции углеводородов, сернокислотное алкилирование изобутана олефинами, гидроочистка, депарафинизация и каталитический крекинг тяжелого нефтяного сырья) обеспечили возможность решения многофакторной задачи интенсификации технологии производства моторных топлив с использованием метода математического моделирования.

Построение моделей процессов производства компонентов моторных топлив выполнено на физико-химической основе, т.е. с учетом термодинамики и кинетики превращений углеводородов на поверхности катализатора, а также нестационарности протекания процессов ввиду закоксовывания, старения и отравления катализатора вредными примесями, изменения химического состава перерабатываемого сырья. Для проведения полного качественного и количественного анализа эффективности процесса смешения необходимо видеть взаимосвязь между производствами и режимами работы установок, их влияние на производительность процесса приготовления. В таком случае рекомендации по изменению рецептур с целью повышения эффективности стадии смешения будут корректны и полностью обоснованы.

Производство компонентов моторных топлив используют катализаторы на основе драгоценных металлов (Pt, Pd и др.). Перегрузка нового катализатора – несколько десятков и сотен млн. долларов. Причем зависимость от импорта катализаторов в нефтепереработке более 70%. Продление срока службы на установках большой единичной мощности позволило значительно снизить себестоимость бензинов и дизельных топлив. В рамках данного направления создана новая технология производства моторных топлив, которая внедрена на ряде нефтеперерабатывающих заводов и не имеет отечественных аналогов, а также являются примером импортозамещения в области программного обеспечения для крупных промышленных объектов.

Новая технология производства бензинов позволяет снизить себестоимость при сохранении качества бензинов АИ-95, АИ-98 по стандарту ЕВРО-5, что позволяет достичь экономической эффективности.

Определение оптимальных технологических режимов в зависимости от марки выпускаемого дизельного топлива: зимнее, летнее, арктическое на основе учета химического взаимодействия между углеводородами увеличивает. Выход бензиновой фракции на 1 355 794 тн/год,  $\Delta$  выход бензина = 55 575 тн/год. Выход дизельной фракции 375 593 тн/год,  $\Delta$  выход ДТ = 102 119 тн/год.

Установка каталитической депарафинизации средних дистиллятов нефти является крупнотоннажным объектом нефтеперерабатывающей отрасли (мощность установки составляет 2 млн. тонн сырья в год) и позволяет производить весь существующий спектр марок дизельного топлива, а именно летнее, зимнее и арктическое дизельное топливо по стандарту Евро-5.

Ввиду различного состава сырой нефти, поступающей на завод, различного соотношения сырьевых потоков (прямогонных дизельных фракций и атмосферного газойля), углеводородный состав перерабатываемого сырья на установке каталитической депарафинизации постоянно меняется.

По существующей технологии (традиционная технология) процесс проводится при практически постоянной температуре не зависимо от режима производства дизельного топлива (летнего, зимнего, арктического). При этом наблюдается низкий выход дизельных топлив с большим запасом по низкотемпературным свойствам – температуре помутнения, температуре застывания.

По новой технологии для получения максимального выхода дизельного топлива с требуемыми низкотемпературными свойствами необходимо поддерживать оптимальную температуру процесса в зависимости от состава, расхода и режима производства дизельного топлива (летнего, зимнего, арктического).

Для расчета оптимальной температуры процесса в зависимости от состава и расхода сырья применяется компьютерная моделирующая система процесса каталитической депарафинизации, основанная на математической модели данного процесса, построенной на основе физико-химических закономерностей процесса.

Таблица 1

Производство дизельных топлив по традиционной и новой технологии

Марка ДТ	Традиционная технология				Новая технология			
	ДТ				ДТ			
	$T_{пр}$ , °С	$T_{пом}$ , °С	$T_з$ , °С	Выход, %	$T_{пр}$ , °С	$T_{пом}$ , °С	$T_з$ , °С	Выход, %
Летнее	335	-14	-24	62	310-315	-9	-18	65
Зимнее	350	-26	-35	55	345-350	-26	-35	59
Арктическое	370	-	-55	52	360-370	-	-55	55

$T_{пр}$  – температура процесса,  $T_{пом}$  – температура помутнения ДТ,  $T_з$  – температура застывания ДТ.

Изменение температуры процесса, рассчитываемой на математической модели в зависимости от состава и расхода сырья, при переходе производство от одной марки дизельного топлива к другой позволяет получать более высокий выход дизельного топлива (таблица 1, рис. 1).

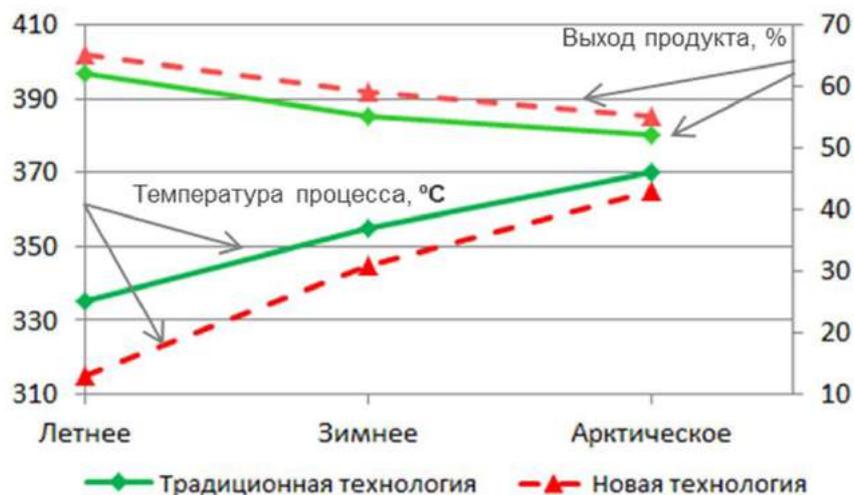


Рис. 1. Выход дизельного топлива в зависимости от температуры и режима производства дизельного топлива (летнего, зимнее, арктическое)

В годовом исчислении выход дизельных топлив по традиционной технологии составляет 1 598 688 м<sup>3</sup>/год, выход дизельных топлив по новой технологии составляет 1 624 896 м<sup>3</sup>/год. Прирост выхода дизельного топлива за счет применения новой технологии оставляет 26 208 м<sup>3</sup>/год, что эквивалентно повышению выручки предприятия на 970 млн. рублей в год (при цене 1 л ДТ равной 37 рублей).

Таким образом, внедрение компьютерной моделирующей системы производства дизельных топлив позволяет значительно повысить ресурсоэффективность установки каталитической депарафинизации за счет получения большего выхода дизельных топлив на сырье по сравнению с традиционной технологией, что выражается значительным положительным экономическим эффектом.

#### Литература

1. Чузлов В.А., Иванчина Э.Д., Долганов И.М., Храпов Д.В., Короткова Н.В., Есипенко Р.В. Прогнозирование влияния состава перерабатываемого сырья и технологических режимов на эффективность работы промышленной установки изомеризации с использованием математической модели // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2016 - №. 2. - С. 15-21.
2. Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Нурмаканова А.Е., Бойченко С.С., Храпов Д.В., Короткова Н.В., Есипенко

- Р.В. Использование математической модели процесса алкилирования изобутана олефинами для мониторинга работы промышленной установки и тренинга технологического персонала в ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ» // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. - 2016 - №. 2. - С. 33-43.
- Иванчина Э. Д., Белинская Н. С., Францина Е. В., Попова Н. В., Кошутин С. Н. Математическое моделирование и оптимизация процесса каталитической депарафинизации дизельных фракций и атмосферного газойля // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2016. – №. 6. – С. 37 – 46.
  - Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Силко Г.Ю., Францина Е.В. Оптимизация технологического режима установки гидродепарафинизации дизельных топлив методом математического моделирования // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2014 – Т. 57 – №. 11. – с. 90-92.
  - Белинская Н.С., Францина Е.В. Кинетическая модель процесса производства дизельных топлив // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2013. – №2 (6). – с. 145-149.

## УВЕЛИЧЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ЗИМНИХ И АРКТИЧЕСКИХ МАРОК В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ

**Д.А. Афанасьева, Н.В. Попова**

**Научные руководители: мл. науч. сотрудник каф. ХТТ и ХК, к.т.н. Е.В. Францина, ассистент каф. ХТТ и ХК, к.т.н. Н.С. Белинская**

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Нефтеперерабатывающими заводами России производится в основном летнее дизельное топливо, однако потребность в зимнем и арктическом дизельном топливе с требуемыми низкотемпературными свойствами при этом постоянно растет. Такая особенность потребления обусловлена тем, что большая часть территорий России находится в зоне суровых климатических условий [2].

Понижение температуры окружающей среды приводит к выпадению высокомолекулярных парафиновых углеводородов нормального строения, входящих в состав дизельного, в виде кристаллов различной формы. Протекание этого процесса приводит к забивке топливной аппаратуры кристаллами парафинов.

Следовательно, наибольшее влияние на низкотемпературные свойства дизельного топлива оказывают n-парафины, характеризующиеся высокой температурой плавления. Изоалканы имеют более низкие температуры помутнения и предельные температуры фильтруемости, следовательно, и являются необходимыми компонентами при получении низкозастывающих топлив [1, 3]. Таким образом, основной задачей производства дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами является определение оптимального состава сырья, обеспечивающего высокий выход продукта при сохранении требуемого качества.

Исследование направлено на изучение влияния дополнительного вовлечения углеводородов среднестиллятной фракции ( $C_{14}-C_{20}$ ) на выработку дизельного топлива зимнего и арктического марок с помощью математической модели процесса каталитической депарафинизации дизельного топлива, разработанной на кафедре химической технологии и химической кибернетики Томского политехнического университета.

Оценка влияния состава перерабатываемого сырья, полученного путем смешения сырья депарафинизации и дополнительной фракции углеводородов ( $C_{14}-C_{20}$ ) установки выделения парафинов Парекс на выработку получаемого дизельного топлива требуемого качества проводилось при следующих постоянных технологических параметрах:

**Таблица 1**

Температура входа в реактор P-3, °C	352
Давление на входе в реактор P-3, МПа	7,1
Расход водородсодержащего газа в реактор P-3, м <sup>3</sup> /ч	30607
Предельная температуры фильтруемости для дизельных топлив зимних марок, °C	-26
Предельная температуры фильтруемости для дизельных топлив арктических марок, °C	-44

Исследования на математической модели показали, что сырьевую базу установки каталитической депарафинизации для производства дизельных топлив зимних и арктических марок можно расширить за счет дополнительного вовлечения углеводородов среднестиллятной фракции ( $C_{14}-C_{20}$ ) с установки выделения парафинов Парекс, что позволяет увеличить содержание n-парафинов ( $C_{14}-C_{20}$ ) в сырье установки с 19,90 % до 28,61 % (таблица 1).

При этом в зависимости от расхода дополнительно вовлекаемой фракции углеводородов ( $C_{14}-C_{20}$ ) от 70 до 90 м<sup>3</sup>/час в сырье депарафинизации увеличивается выработка дизельной фракции на 25-32 % (60-77 м<sup>3</sup>/ч) для получения зимнего топлива (рис. 1) и на 52-68 м<sup>3</sup>/ч – для получения арктического топлива заданного качества (рис. 2).