

ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕДОБЫЧИ, НЕФТЕХИМИИ, НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

УДК 338(470)

А. Х. Рахматуллина, А. В. Аксянова

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПИРОЛИЗНОГО КОМПЛЕКСА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Ключевые слова: пиролизный комплекс, экономико-математическая оптимизация.

В статье определена роль пиролизных производств в развитии нефтегазохимии России. С применением метода экономико-математической оптимизации предложена оптимальная для условий Республики Татарстан схема пиролизного комплекса, ориентированного на переработку нефти. Рассчитаны оценочные показатели проекта с помощью метода финансового анализа.

Keywords: pyrolysis complex, economic-mathematical optimization.

In article the role of pyrolysis productions in development of oil and gas chemistry of Russia was defined. The optimum scheme of a pyrolysis complex for naphtha processing, in view of features of the Republic of Tatarstan, was offered, by means of a method of economic-mathematical optimization. Coefficients of economical efficiency of the project were calculated by means of a method of the financial analysis.

Введение

Наращивание экспорта нефти и газа в России наталкивается на физические ограничения, и уже не может быть основным драйвером роста доходов страны, как это было в докризисные годы. Решить эту задачу позволит рост добавленной стоимости от переработки первичного энергосырья и нефтегазохимии. В настоящее время технологическая структура российской нефтегазоперерабатывающей промышленности не отвечает современным мировым требованиям глубокой переработки сырья [1].

В связи с этим актуальным видится рассмотрение в статье комплекса экономических проблем по обоснованию строительства современных крупнотоннажных пиролизных комплексов, отвечающих мировым требованиям глубокой переработки сырья на данном этапе развития нефте- и газохимии России.

Роль пиролизных производств в развитии нефтегазохимии

Базовым процессом в нефтехимическом производстве является пиролиз углеводородного сырья. На пиролизных установках получают более 75% нефтехимических продуктов. Пиролиз представляет собой термическое разложение углеводородов с образованием таких базовых мономеров как этилен, пропилен и бутадиен. На их основе путём дальнейшей переработки производится, по крайней мере, десяток крупнотоннажных нефтехимических продуктов, которые, в свою очередь, являются источником получения сотен и тысяч конечных химических и нефтехимических продуктов [2]. Здесь необходимо отметить особенности технологического процесса пиролиза:



Рис. 1 - Принципиальная схема переработки углеводородного сырья для нефтехимии /2/

- варьирование номенклатуры входящего сырья пиролиза позволяет управлять соотношением выхода конечных продуктов процесса, что в свою очередь даёт возможность гибко реагировать на рыночную конъюнктуру и сохранять высокую загрузку мощностей;

- при дальнейшей переработке производных базовых мономеров в конечные химические продукты и изделия можно выделить следующие характерные особенности: рыночные цены на нефтехимические продукты, как правило, возрастают, во-первых, по мере углубления переработки, и, во вторых, пути углубления чрезвычайно разнообразны.

Развитие современных пиролизных комплексов в мире характеризуется тенденциями:

а) глобализация (смещение крупнотоннажных нефтегазохимических производств в регионы с дешевым сырьем, удобной логистикой и/или динамично растущим спросом);

б) структурные преобразования традиционных нефтегазохимических регионов – США и Европы;

переход с крупнотоннажной нефтехимии на производство продукции специальной химии с высокой инновационной составляющей;

в) создание современных нефтегазохимических кластеров в новых центрах нефтегазохимии при активной поддержке государства, включающих полную цепочку создания стоимости от переработки нефти и нефтегазохимического сырья до производства конечных продуктов потребления с высокой добавленной стоимостью;

г) цикличное развитие нефтегазохимической отрасли, связанное с периодическим перепроизводством/нехваткой базовых нефтегазохимических продуктов;

д) диверсификация сырьевой базы нефтегазохимической промышленности.

Ретроспективный обзор развития пиролизных производств в России показал, что дефицит мощностей по производству базовых мономеров является основным барьером для дальнейшего развития производств полимеров, осуществления политики импортозамещения и увеличения экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью [3].

Для дальнейшего развития пиролизных производств в России есть следующие перспективы:

- избыток относительно дешевого и доступного нефтегазохимического сырья;

- высокий потенциал развития внутреннего рынка;

- наличие крупных вертикально интегрированных структур, способных самостоятельно или с помощью государства создавать конкурентоспособные производства;

- функционирование достаточно крупных химических комплексов, которые могут стать основой для кластерного развития нефтегазохимической индустрии.

Для решения проблем в отрасли в России на перспективу до 2030 года предполагается создание шести промышленных кластеров, разделённых по географическому признаку: Западно-Сибирский, Поволжский, Каспийский, Восточно-Сибирский, Северо-Западный и Дальневосточный. Крупнейшим из ранее перечисленных является Приволжский нефтегазохимический кластер [4], для которого был проведен расчёт варианта конфигурации современного пиролизного комплекса, основанного на более комплексном использовании фракций пиролиза.

Экономико-математическая оценка и анализ строительства пиролизного комплекса в Республике Татарстан

Поволжский промышленный кластер включает в себя производства в Татарстане, Башкирии, Нижегородской и Самарской областях.

Среди основных проектов, реализуемых в Татарстане, можно отметить следующие:

- расширение пиролизных мощностей ОАО «Нижнекамскнефтехим» с увеличением выпуска

этилена на 400 тыс. тонн в год (ОАО «Таиф», год запуска — 2015);

- строительство на ОАО «Нижнекамскнефтехим» установки пиролиза мощностью 1 млн. тонн этилена в год и полимеризационных мощностей на 600 тыс. тонн полиэтилена и 370 тыс. тонн полипропилена в год (ОАО «Таиф», год запуска — 2019);

- расширение пиролизных мощностей на ОАО «Казаньоргсинтез» на 400 тыс. тонн по этилену и строительство нового производства полиэтилена мощностью 150 тыс. тонн в год («Таиф», год запуска — 2020) [4].

Характерной особенностью для всех кластеров является ориентация на выпуск продукции одного и того же вида, в большинстве случаев - это полиэтилен, полипропилен. Согласно прогнозам экспертов к 2030 году на внутреннем рынке ожидается профицит этих продуктов. Можно предположить, что избыток продукции будет реализовываться на экспорт, однако такое положение в перспективе создаст высокую конкуренцию между производителями. В связи с этим возникает необходимость строительства пиролизных комплексов с учётом оптимизации соотношения выхода, номенклатуры, конечных продуктов процесса, что, в свою очередь, даёт возможность гибко реагировать на рыночную конъюнктуру и сохранять высокую загрузку мощностей.

В качестве объекта исследования выбран пиролизный комплекс для предприятия Республики Татарстан ОАО «Нижнекамскнефтехим».

Разработка оптимальной технологической схемы пиролизного комплекса проходила в два этапа. Прежде, с целью выбора углеводородного сырья, была рассмотрена типовая схема пиролизного комплекса. Рассматривалось три варианта входного сырья: нефти, этана и смеси углеводородных газов (СУГ) (рис. 2).

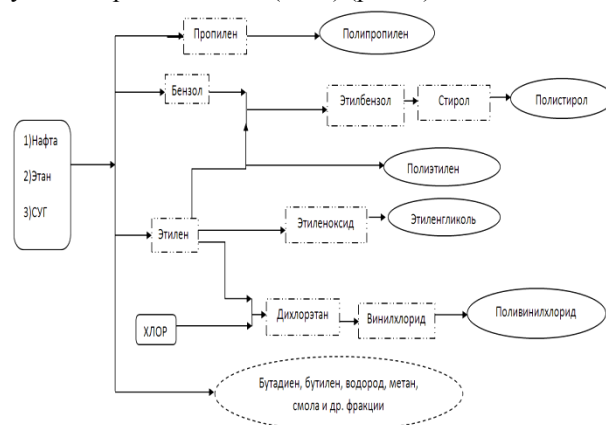


Рис. 2 – Технологическая схема типового пиролизного комплекса

Для расчёта оптимальной конфигурации строительства пиролизного комплекса нового поколения, использовались методы экономико-математической оптимизации. Была использована следующая обобщённая математическая модель для вариантов производств:

1) управляемые переменные $X_j = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ - это выпуск товарных продуктов j -го вида, тонн;

2) целевая функция, максимизирующая маржинальную прибыль:

$$Z = \sum_{j=1}^n X_j * P_j - (S - O) * C - Q_{Cl} * C_{Cl} + \sum_{i=1,2,4} b_i(oc) * P_i \quad (1)$$

3) ограничения

По ресурсам (базовым мономерам):

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} * X_j \leq b_i \quad (2)$$

По спросу:

$$X_j \leq D_j$$

По управляемым переменным:

$$X_j \geq 0 \quad (4)$$

где

P_j - цена реализации товарного продукта j -го вида, рублей за тонну;

S - количество исходного сырья (нафта, этан, СУГи), т;

O - количество остаточных, неиспользуемых мономеров пиролиза исходного сырья, идущих на реализацию, т;

Q_{Cl} - количество необходимого покупного хлора, т;

C_{Cl} - затраты на приобретение хлора, руб.;

P_i - цена реализации остаточных мономеров, руб.;

C - затраты на приобретение сырья, рублей;

b_i - запасы ресурсов (базовых мономеров) i -го вида, т;

a_{ij} - расход i -го ресурса на производство 1 т j -го продукта, т;

$b_i(oc)$ - остаточные неиспользованные мономеры (ресурсы) i -го вида, т;

D_j - спрос на товарную продукцию j -го вида, т.

Для каждого варианта произведён расчет в MS Excel, найдены оптимальные планы производства продукции и соответствующее значение маржинальной прибыли (табл.1).

Таблица 1 - Расчётные значения количества выпускаемых товарных продуктов

Товарный продукт, тонн:	Вариант используемого сырья		
	Нафта	Этан	СУГ
Полиэтилен	132378	592424	223315
Этиленгликоль	264900	264900	264900
Поливинилхлорид	4210	4210	4210
Полистирол	72526	9512	29724
Полипропилен	156000	23000	167000

Результаты анализа показали, что из трех видов сырья наибольшая маржинальная прибыль получается при использовании этана (30 897 594 612 рублей), наименьшая прибыль - в производстве с использованием в качестве исходного сырья нафты (20 335403711 рублей). Общая доля использованных

мономеров при производстве нафты составила - 55,7%, этана - 81,2%, СУГов - 61%. При высоком спросе на этиленпотребляющие продукты большую выгоду будет получать предприятие, использующее в качестве исходного сырья этан и СУГ, поскольку выход этилена при пиролизе у них больше (этан - 78,1%, СУГ - 41,8%, нафта 34%). Однако в случае изменения конъюнктуры рынка, при перепроизводстве или когда спрос на продукцию из этилена, будет снижаться, может появиться необходимость компенсировать потерянную прибыль. Это возможно сделать, если расширить номенклатуру выпускаемой продукции за счёт более полного (в) комплексного использования фракций пиролиза и в случае падения спроса на одни продукты, предприятие может легко сманеврировать и перейти на производство других, компенсировав потери и получив большую прибыль.

В качестве входного сырья для пиролизного комплекса, с учётом условий по ресурсообеспечению нефтегазохимического комплекса РТ, была выбрана нафта. Номенклатура продукции была расширена, рассматривалось производство каучуков (изопреновый синтетический каучук (СКИ) и полибутадиеновый синтетический каучук (СКД)), а также новые перспективные продукты с высокой добавленной стоимостью - малеиновый ангидрид и циклопентадиен (рис. 3).

Полученные результаты по составленной для комплекса схемпоказали что, при расширении номенклатуры производимой продукции, путём увеличения глубины переработки сырья (+14,55%) прибыль от реализации увеличивается (+9 010 млн. руб. $\approx$ 44,3%).

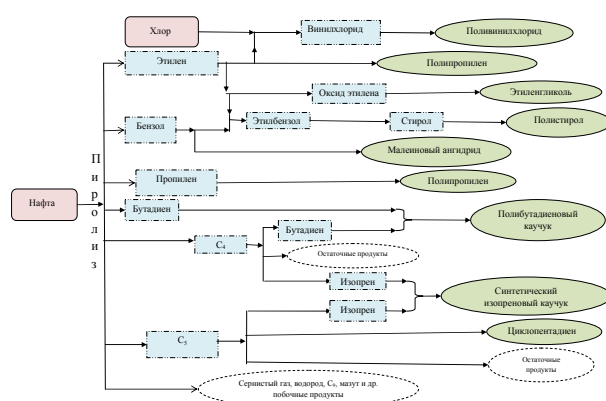


Рис. 3 - Технологическая схема возможного варианта производства для РТ

Анализ на чувствительность оптимального решения в MS Excel показал, что производство продуктов этиленгликоля и малеинового ангидрида во многом ограничивается спросом на эти продукты, и в случае увеличения ёмкости рынка, увеличение производства приведёт к повышению прибыли. Причём больший прирост прибыли будет получен от производства малеинового ангидрида (+45 636 руб. на тонну). В случае увеличения доли выхода изопрена и бутадиена можно ожидать

существенный рост маржинальной прибыли (по изопрену на 77 199 руб.).

Далее был рассмотрен вариант расширения пиролизных мощностей с выходом этилена 1млн. т. (табл.2).

Таблица 2 - Расчётные значения количества выпускаемых товарных продуктов

Получаемый товарный продукт, тонн:	
Полиэтилен	701 749
Этиленгликоль	264 900
Поливинилхлорид	12 629
Полистирол	359 366
Полипропилен	486 000
Малеиновый ангидрид	40 000
Синтетический изопреновый каучук	29 910
Полибутадиеновый каучук	66 150
Циклопентадиен	25 056

Значение маржинальной прибыли составило 78 422 млн. руб., рентабельность по маржинальной прибыли для производства 56%, что говорит о высокой доходности производства. Полученные значения товарных продуктов в более полной мере удовлетворяли спросу.

Для обоснования экономической эффективности строительства пиролизного комплекса по предложенной схеме, рассчитаны показатели и применены методы финансового анализа инвестиционных проектов[5].

На основе полученных результатов расчёта можно сделать следующие выводы:

- как самостоятельное инвестиционное мероприятие, проект является доходным, т.е. чистая

текущая стоимость проекта (NPV) имеет положительное значение и составляет 24 712млн. руб.;

- строительство пиролизного комплекса является прибыльным, внутренняя норма доходности (IRR) составляет 38% годовых;

- срок возврата капитальных вложений составляет 3,3 лет, что меньше срока функционирования проекта;

- индекс доходности (PI) составляет 1,15%, что говорит о хорошей рентабельности инвестиций.

Таким образом, строительство предложенного пиролизного комплекса является экономически выгодным, и при более детальной оценке есть возможность для его реального воплощения.

Литература

1. И.А. Биктагиров., А.В.Хохлов, Р.И.Биктагиров, *Вестник Казанского технологического университета*, **16**, 10, 248-253, (2013).
2. В.И.Фейгин, О.Б.Брагинский, С.А.Заболотский, И.Г. Кукушкин, А.В. Маевский, Н.И. Масленников, Ю.Г. Рыков. *Исследование состояния и перспектив направлений переработки нефти и газа, нефте- и газохимии в РФ*. Экон-информ, Москва:, 2011.806 с.
3. О.Б.Брагинский *Нефтехимический комплекс мира: Монографические исследования: экономика*. Academia, Москва, 2009.800 с.
4. www.chemsummit.ru/wp-content/uploads/2011/02/Plan-2030.pdf
5. Ю.П. Александровская, И.С. Владимирова, *Вестник Казанского технологического университета*, **15**, 9, 202-205, (2012).