

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ЧЕТЫРЕХСТОРОННЕГО СОГЛАШЕНИЯ<sup>1</sup>

## SYSTEMS ANALYSIS OF QUADRIPARTITE AGREEMENT ACTIVITIES

**Н.О. КАПУСТИН** – инженер исследователь Центра изучения мировых энергетических рынков, ИНЭИ РАН

**N.O. KAPUSTIN** – Research engineer, Center for Energy Market Studies, ERIRAS

**Е.Д. ОСИПОВА** – инженер исследователь Центра изучения мировых энергетических рынков, ИНЭИ РАН

**E.D. OSIPOVA** – Research engineer, Center for Energy Market Studies, ERIRAS

- ▶ В статье рассматриваются возможные последствия проведения мероприятий по развитию НПЗ в России, предусмотренные четырехсторонним соглашением с использованием экономико-математического моделирования по методике, разработанной в ИНЭИ РАН.
- ▶ The research considers the possible consequences of development programs in the Russian refinery industry according to quadruple agreement with the use of economic-mathematical modeling technique developed in ERI RAS.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** модернизация, материальный баланс, спрос на нефтепродукты, прогнозирование, «четырёхстороннее соглашение», переработка

**KEYWORDS:** development, material balance, demand for petroleum, forecast, «quadruple agreement», refining

Внутренний рынок нефтепродуктов России, испытывает перебои с поставками высокооктановых бензинов. Наиболее существенные нехватки бензина наблюдались в 2011 году в Алтайском крае, Воронежской области и Калининграде, в 2012 году после аварии на Московском НПЗ, а так же в 2014 году после аварии на Ачинском НПЗ, совпавшей с задержкой с выводом из ремонта Ярославского НПЗ.

Нехватка бензина влияет на рост цен на бензин и увеличение затрат для предприятий на топливо. В целях бесперебойного обеспечения российского рынка нефтепродуктами собственного производства в 2011г было подписано четырехстороннее соглашение – документ, содержащий в себе планы реконструкции и модернизации российских НПЗ, заключенный между компаниями, Федеральной антимонопольной службой, Министерством энергетики и Ростехнадзором.

Целью настоящего исследования является анализ мероприятий по модернизации отечественных НПЗ, предусмотренных четырехсторонним соглашением.

Для выполнения цели настоящего исследования предлагается использовать методы экономико-математического моделирования.

### Методология исследования

Методология проводимого исследования основывается на балансировании спроса и предложения по отдельным нефтепродуктам. Спрос рассчитывается по методике, разработанной в ИНЭИ РАН, а предложение определяется по результатам имитационного моделирования на модели прогнозирования нефтепереработки.

Для построения функции спроса на нефть, используется несколько методов: эконометрические, статистические и экспоненциальное сглаживание. К статистическим методам относятся модели: линейная, квадратичная и экспоненциальная. Эти модели более просты, чем эконометрические и осуществляют прогнозирование посредством построения тренда на основе данных временных рядов. Метод экспоненциального сглаживания заключается в том, что последним по датам данным присваиваются большие веса и прогнозирование осуществляется путем сглаживания параметров [1].

<sup>1</sup> Подготовлено при грантовой поддержке РНФ

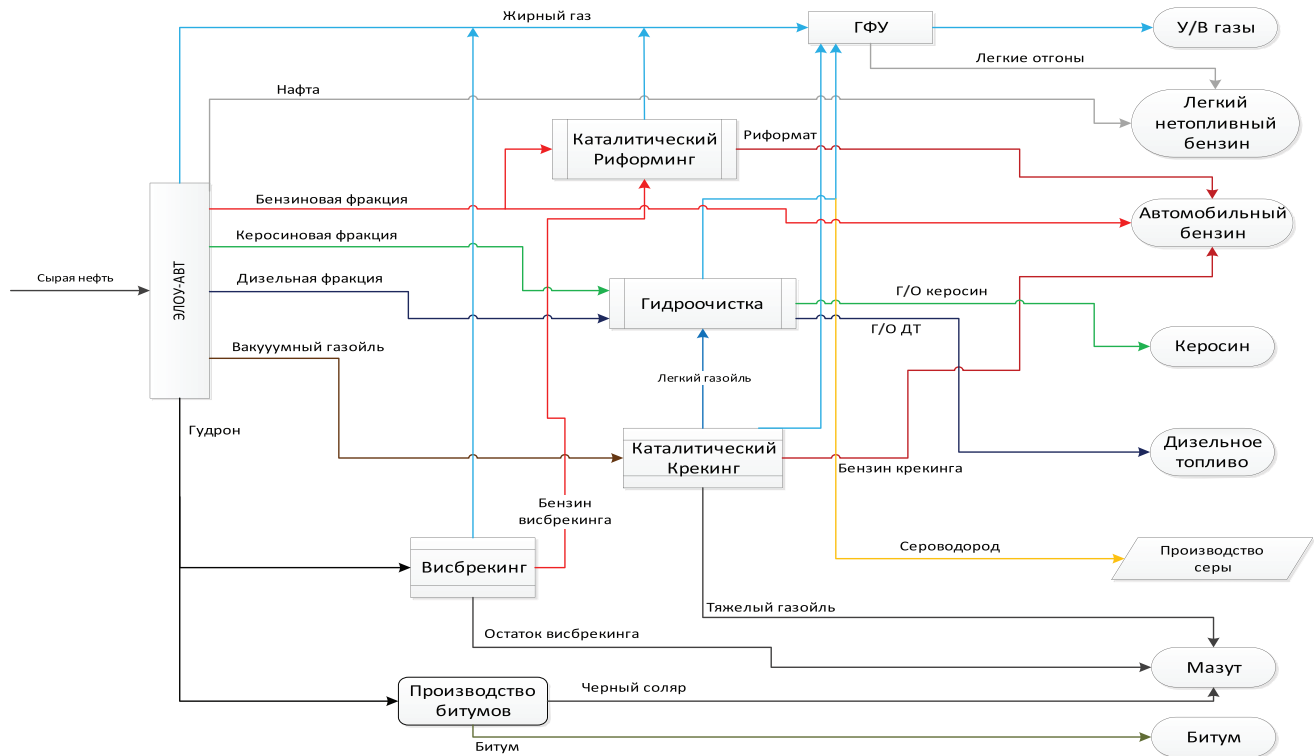


Рис.1 - Технологическая схема МНПЗ  
Источник: ИНЭИ РАН

Рассмотрим несколько моделей, используемых для прогнозирования спроса на практике.

В США в Вашингтоне прогнозирование спроса на ДТ и бензин осуществляется путем построения эконометрической модели на основе следующих данных по г. Вашингтон:

- численности людей, занятых в торговле, транспорте и сервисе;
- ежегодном персональном доходе;
- переменной, обобщающей цены на газ и энергоэффективность [2].

Японская модель прогнозирования спроса на нефть «WorldOilDemandModel» состоит из двух подсистем: «WorldEnergyDemandEstimationModel» (модель экономического анализа) и «WorldPetroleumRefining/TradeFlowModel» (модель, основанная на линейном программировании). Экзогенными данными для нее являются ВВП, численность населения, цена нефти, инфляция, обменный курс валют и плановые объемы предложения [3].

В модели прогнозирования спроса на нефть, описанной IndraniGanguli и JoyashreeRoy, спрос прогнозируется по секторам потребления: транспорт, промышленность и домохозяйства. В транспорте и промышленности прогнозирование осуществляется путем построения эконометрической модели на основе потребления в этих секторах в базовом году, эффекта выхода, структурного эффекта и эффекта энергоёмкости. В секторе домо-

хозяйств прогнозирование осуществляется путем построения эконометрической модели, в которой учитываются потребление нефти домашними хозяйствами в базовом году, численность людей, структурный эффект и энергоёмкость [4].

При прогнозировании спроса в транспортном секторе Китая используется эконометрическая модель на основе ВВП на душу населения, уровня урбанизации, количества гражданских транспортных средств и единиц пассажирского и грузового транспорта [5].

Основными отличиями модели прогнозирования спроса, предлагаемой авторами исследования, от зарубежных аналогов является сочетание двух методик:

- экстраполяции тренда нефтеёмкости экономик стран и регионов и дальнейшем их перемножением на прогнозные значения ВВП;
- прогнозирования ёмкости ВВП по отдельным категориям нефтепродуктов.

Учитываются цены переключения и межтопливная конкуренция, за счет возможностей замещения альтернативными топливами определенного объема спроса на нефть и нефтепродукты. Проводятся: согласование полученных результатов спроса на нефть и на отдельные нефтепродукты и корректировка результатов не только исходя из прогнозирования ёмкости ВВП, но и из прогнозных значений ёмкости душевого ВВП.

Табл. 2

Существующие и планируемые мощности основных вторичных процессов на НПЗ России млн. т в год

Сырье		%	тыс.т/год
	Сырье 1	X1	Y1
	...	...	...
	Сырье n	Xn	Yn
	Сумма	100%	Y
Продукция			
	Продукт 1	X'1	Y'1
	...	...	...
	Продукт n	X'n	Y'n
	Сумма	100%	Y

Прогнозирование предложения осуществляется на Модели Нефтеперерабатывающей Промышленности РФ ИНЭИ РАН (Модель), которая является совокупностью сводных материальных балансов основных НПЗ РФ<sup>2</sup>, сгруппированных по территориальному принципу и формирующих общие материальные балансы по федеральным округам и стране в целом.

Материальный баланс каждого НПЗ является суммой материальных балансов всех функционирующих на рассматриваемый период технологических установок. Схема Модели представлена на схеме (рис. 1).

Теоретической основой модели являются расчетные и эмпирические материальные балансы установок нефтепереработки, получаемые из широкого спектра источников: научная литература [6], периодика [7], методические указания, отчеты [8].

Модель соответствует современным отечественным [9] и зарубежным аналогам [10] и обладает рядом достоинств:

- гибкость – аппаратное оформление позволяет изменять характеристики сырья, загрузки установок и завода, параметры и выходы процессов, технологические схемы, получая выходные параметры по целевым продуктам и динамике полупродуктов внутри завода;
- подробность и прозрачность – модель каждого завода не является «черным ящиком». Все процессы на заводе представлены отдельными материальными балансами. Каждое выходное значение может быть наглядно обосновано;
- масштабность – Модель объединяет в себе большинство крупнейших НПЗ России и множество различных видов и типов технологических установок;
- адаптивность -любые изменения в структуре нефтеперерабатывающей промышленности, как случившиеся, так и планируемые, могут быть отражены в модели с широким спектром выходных данных, от полупродуктов на отдельных заводах, до изменений на федеральном уровне.

Модель была апробирована при подготовке выпуска «Прогноза развития энергетики мира и России до 2040 г.» ИНЭИ РАН и АЦ при правительстве РФ [11].

Базовыми блоками, обеспечивающими работу Модели, являются модели отдельных НПЗ.

Расчет прогнозных показателей проводится на основании технологических схем предприятий, публикуемых российскими информационными агентствами, например, ИАЦ «КОРТЕС» [12]. Графическая интерпретация типовой технологической схемы НПЗ, на примере Московского НПЗ представлена на рисунке (рис. 1).

Наименьшей функциональной единицей Модели является материальный баланс установки. Рассмотрим его в общем виде.

Основными параметрами для составления материального баланса является суммарное количество сырья (Y) и состав продукции (в массовых долях X'n). Причем, Y должно быть меньше или равно задекларированной мощности установки. Состав сырья определяется в зависимости от типа установки из доступных на НПЗ полупродуктов и играет второстепенную роль.

Далее составляется система уравнений, имеющих вид:

$$X'_n * Y = Y'_n, (1)$$

В качестве проверки определяем верность следующего выражения:

$$\sum_{i=1}^n Y_i = Y, (2)$$

В случае равенства, заносим полученные данные в таблицу (табл. 1).

Следующим шагом, послерасчёта материальных балансов установок является их объединение в единую систему, а затем агрегация общезаводских балансов в региональные. Это позволяет Модели мгновенно реагировать на изменение любого блока, показывая влияние на выходные данные.

Прогнозирование в Модели осуществляется построением материальных балансов, с учетом планируемых к вводу установок имодернизации, существующих в каждом конкретном расчетном году. В результате получают данные позволяю-

<sup>2</sup> Включая конденсат перерабатывающие предприятия.

Общий вид материального баланса установки Источник: составлено авторами

Наименования процессов	Мощности на 2011г.	Планируемые мощности к 2020г.	Прогноз мощностей к 2020г.
Всего	125,3	122,0	247,4
Каталитический крекинг	22,4	11,5	33,9
Каталитический риформинг	30,8	7,2	38,0
Гидроочистка дизельного топлива	55,0	44,8	99,8
Гидроочистка бензина каталитического крекинга	1,3	8,5	9,8
Гидрокрекинг	8,3	40,4	48,7
Производство МТБЭ	0,2	0,5	0,7
Изомеризация	6,1	7,1	13,2
Алкилирование	1,3	1,9	3,2

шие оценить перспективы вводимых мощностей и динамику развития НПП России.

### Результаты

Комплекс мер по изменению налогообложения (Налоговый Манёвр) в среднесрочной перспективе приведёт к снижению рентабельности мини НПЗ и заводов низкой комплексности что, вызовет снижение первичной переработки нефти с 273 млн т в 2013 г. до 268 млн т в 2020 г.

В интересах развития отечественной нефтеперерабатывающей промышленности в 2012 году была утверждена «Программа Модернизации Российских НПЗ до 2020 года», закрепленная четырехсторонними соглашениями. Вторичные процессы, рассматриваемые в рамках Четырёхсторонних Соглашений, и их мощности представлены в (табл. 2).

Источник: Сведения о выполнении программ модернизации НПЗ, заявленных нефтяными компаниями в четырехсторонних соглашениях, «Состав основных технологических установок и перспективы модернизации НПП РФ» КОРТЕС

Масштабный ввод деструктивных процессов позволит наращивать выпуск нефтяных топлив и глубину переработки с 71,6 в 2013 г. до 83,5% в 2020 г., а так же выхода светлых с 55,5 в 2013 г. до 69,2% в 2020 г., одновременно снижая количество переработанного сырья, высвобождая дополнительные объёмы нефти для экспорта.

По результатам расчетов Модели и методики прогнозирования спроса были получены прогнозные данные по производству и спросу на автомо-

бильные бензины и дизельное топливо, представленные на графиках (рис.2).

Проведённые расчёты указывают на эффективность программы модернизации. Даже в условиях активного экономического роста, производство моторных топлив удовлетворяет спрос в России, опережающими темпами.

Из изложенного стоит отметить следующие тенденции в развитии нефтепереработки:

упор на производство наиболее востребованного на внешних рынках нефтепродукта – качественного ДТ. Гидроочистка ДТ и гидрокрекинг составляют ~70% планируемых к вводу мощностей. Доля ДТ в пуле нефтепродуктов должна возрасти более чем на 6%, с нынешних 26,3 до 32,5%, при этом значительно снижается выпуск высокосернистого дизельного топлива;

**ЯПОНСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА НЕФТЬ «WORLD OIL DEMAND MODEL» СОСТОИТ ИЗ ДВУХ ПОДСИСТЕМ: «WORLD ENERGY DEMAND ESTIMATION MODEL» (МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА) И «WORLD PETROLEUM REFINING/TRADE FLOW MODEL» (МОДЕЛЬ, ОСНОВАННАЯ НА ЛИНЕЙНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ). ЭКЗОГЕННЫМИ ДАННЫМИ ДЛЯ НЕЕ ЯВЛЯЮТСЯ ВВП, ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ, ЦЕНА НЕФТИ, ИНФЛЯЦИЯ, ОБМЕННЫЙ КУРС ВАЛЮТ И ПЛАНОВЫЕ ОБЪЕМЫ ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

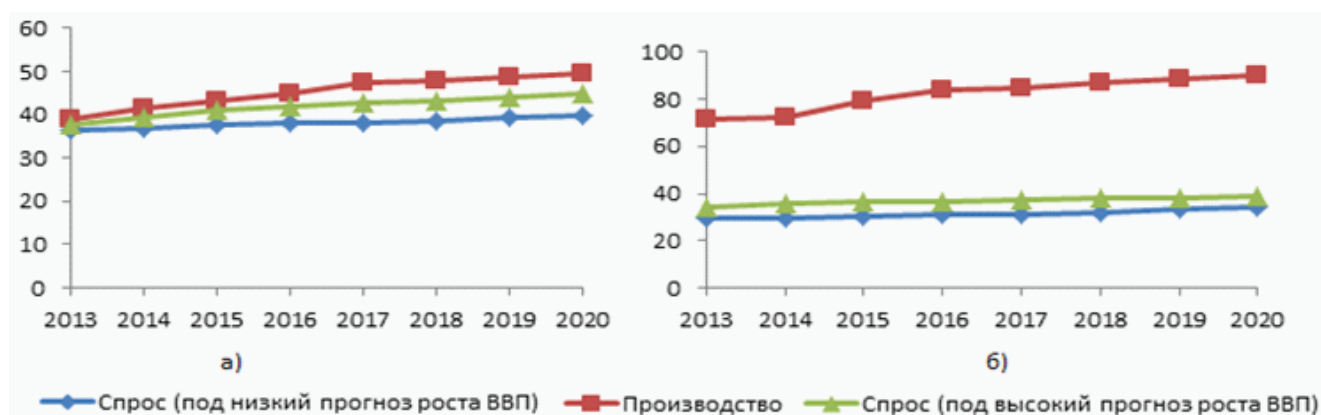


Рис.2. Прогнозный баланс спроса и предложения, млн. т а) на автомобильные бензины б) на ДТ,

Источник: составлено авторами

увеличение глубины переработки достигается преимущественно путём вовлечения вакуумного газойля, как сырья деструктивных процессов. При этом большие объёмы гудрона практически не перерабатываются. Согласно планам, к 2020г должно быть введено в строй мощности крекинга более чем на 50 млн т по сырью, в то время как новые мощности установок коксования составляют лишь 14 млн т. При этом коксование не рассматривается в рамках четырёхсторонних соглашений. Тяжёлый газойль, наряду с гудроном, является основным составляющим топочного мазута. Снижение доли газойля при производстве мазута негативно сказывается на вязкостных, эксплуатационных и экологических характеристиках продукции. Потенциально этот дисбаланс может значительно ударить по качеству выпускаемого мазута и сделать его малопривлекательным для внешних рынков или потребовать большего расхода разбавителей из числосветлых фракций;

сдержанность по отношению к бензину. Поскольку спрос на экспортном рынке ограничен, основной задачей является повышение качества выпускаемой продукции. Большой объём вводимых мощностей изомеризации и алкилирования позволяет добиться сразу двух преимуществ: повышение экологичности бензинового пула, а также вовлечение в переработку нетопливных продуктов (СУГи и нафта);

недостаточное внимание в стратегии уделено развитию производства нетопливных нефтепродуктов. В частности, отечественная металлургия вынуждена импортировать высококачественный нефтяной кокс в объёмах более 3,5 млн.т, не смотря на обширную ресурсную базу в России. Так, на российских предприятиях возможно организовать выпуск более 7 млн т кокса, против нынешних 1,6 млн т;

в балансах российских НПЗ в прогнозом периоде остаются большие объёмы прямогонного

бензина и СУГ, не вовлечённых в переработку, которые необходимо использовать либо в качестве топлив, либо как сырьё для нефтегазохимического комплекса.

## ЛИТЕРАТУРА

Forecasting Automobile Petrol Demand in Australia: An Evolution of Empirical Models. ZhengLi, John M. Rose, David A. Hensher, 2008.

Washington State Department of Transportation – Economic Analysis, Statewide Fuel Consumption Forecast Models, November, 2010

Supply and Demand Analysis on Petroleum Products and Crude Oils for Asia and the World, Tetsuya NAKANISHI, Senior Economist and Ryoichi KOMIYAMA, Ph.D., Economist; The Energy Data Modeling Center; The Institute of Energy Economy, Japan, August 2006

IndraniGanguli, Joyashree Roy, Oil Demand Under Alternative Projected Scenarios

Demand Forecast of Petroleum Product Consumption in the Chinese Transportation Industry, Jian Chai, Shubin Wang, Shouyang Wang, Ju'eGuo, 2012

Технология переработки нефти (в 2-х частях) / Под ред. Глаголевой О. Ф. Капустина В. Ф. Гуреева А. А. – М.: Химия, КолосС, 2006–2007.

Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. – СПб.: Недра, 2006.

Тенденции развития процесса изомеризации в России и за рубежом / Ясакова Е. А., Ситдикова А. В., Ахметов А. Ф. – Нефтегазовое дело, 2010.

А. С. Лукьянов, О. А. Елисеева, А. Э. Тарасов, М. А. Филиппова, «Совершенствование методических подходов к прогнозированию развития отраслей нефтегазового комплекса», XII всероссийское совещание по проблемам управления вступило, Москва 2014 г.

PIRAProspectus: July 2013, «A newly enhanced, and rebranded, version of PIRA's World Refinery Database»

Макаров А. А., Григорьев Л. М., Митрова Т. А. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года, М. 2014  
«Состав Основных Технологических Установок и Перспективы Модернизации НПП РФ» КОРТЕС, 2012 год