

УДК 622.276

В.И. Александрова

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОГО МИНЕРАЛЬНОГО ПРОДУКТА

Построена концептуальная модель использования жидкого минерального продукта. Рассмотрен путь нефти от месторождения до потребителя и проанализируем организацию логистической цепи: "Разведка нефти — Добыча нефти — Промысловая подготовка — Транспорт — Переработка — Хранение — Потребление нефтепродуктов". Также описан технологический процесс переработки нефти на нефтеперерабатывающем заводе. Детально рассмотрены процессы первичной и вторичной переработки.

Ключевые слова: полезные ископаемые, нефть, нефтепродукты, фракции нефти, нефтехимия, нефтепереработка, фракционная перегонка нефти, технологическая лестница, концептуальная модель, абстрактная модель, первичная переработка — перегонка, вторичные процессы, каталитический крекинг, макрологистическая система, логистической цепи, материальный поток, технологический уровень, системные изделия, фазы жизненного цикла.

V.I. Alexandrova CONCEPTUAL MODEL OF LIQUID MINERAL PRODUCT

In the given work construct a conceptual model for the use of liquid mineral product. Consider the path of oil from the field to the consumer and analyze the organization of the logistics chain: Exploration of oil - Oil - Commercial preparation - Transportation - Refining - Storage - Consumption of petroleum products. Also describes the technological process of oil refining at the refinery. Examined in detail the processes of primary and secondary processing.

Key words: minerals, oil, petroleum products, fractions of petroleum, petrochemical, oil refining, fractional distillation of oil, the technological ladder, the conceptual model, abstract model, primary processing - distillation, secondary processes, catalytic cracking, macro logistics system, the logistics chain, material flow, technological level, system products, lifecycle phases.

Концептуальная модель - это определённое множество понятий и связей между ними, являющихся смысловой структурой рассматриваемой предметной области

[Википедия – свободная энциклопедия].

Концептуальная модель - модель предметной области¹, состоящая из перечня взаимосвязанных понятий, используемых для описания этой области, вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней [Википедия – свободная энциклопедия].

Концептуальная (содержательная) модель - это абстрактная модель², определяющая структуру моделируемой системы, свойства ее элементов и причинно-следственные связи, присутствующие в системе и существенные для

¹ - это материальная система или система, характеризующая элементы материального мира, информация о которой хранится и обрабатывается. Предметная область рассматривается как некоторая совокупность реальных объектов и связей между ними (информационные системы).

² - нематериальная (абстрактная) модель – формулы, схемы, чертежи, таблицы.

достижения цели моделирования [KM-Вики - образовательный портал].

Объекты концептуальной модели приложения могут образовывать структурную иерархию, в которой дочерние блоки будут перенимать действия родительских. В зависимости от приложения объекты могут также образовывать иерархию включения, в которой некоторые объекты включают в себя другие. Использование двух этих типов иерархии в концептуальной модели значительно облегчает проектирование и разработку связанного и понятного пользовательского интерфейса.

Концептуальную модель, представленную на рис. 1, можно назвать моделью "полного цикла с общей шиной". В ней присутствуют встроенные продуктивные процессы интеграции на уровне полного жизненного цикла. Рассмотрим путь нефти от месторождения до потребителя и проанализируем организацию логистической цепи: "Разведка нефти — Добыча нефти — Промысловая подготовка — Транспорт — Переработка — Хранение — Потребление нефтепродуктов".

Основная цель разведки - подготовка к разработке. В процессе разведки должны быть описаны залежи, определены литологический состав, мощность, нефтегазонасыщенность. По завершению разведочных работ подсчитываются запасы и даются рекомендации о вводе месторождения в разработку. После чего начинается процесс добычи нефти. Из недр земли по специально пробуренным до нефтяных продуктивных пластов эксплуатационным скважинам нефть поступает на поверхность. Вместе с нефтью поднимаются различные механические примеси (частицы породы, цемента), вода и минеральные соли в виде кристаллов в нефти и растворенные в воде, а так-

же попутный газ. Далее водо-нефтегазовая смесь подается на автоматизированные групповые замерные установки (АГЗУ). Здесь производится учет точного количества нефти, поступившей от каждой скважины, и далее по внутрипромысловым трубопроводам она подается на дожимные насосные станции (ДНС). На них водо-нефтегазовую смесь подвергают частичной дегазации (удаление газа) и обезвоживанию. Затем частично дегазированная и обезвоженная нефть по трубопроводу подается на центральный пункт сбора (ЦПС). На ЦПС расположены установка комплексной подготовки нефти (УКПН) и установка подготовки воды (УПВ). Присутствие в нефти воды с растворенными минеральными солями приводит к усиленной коррозии металла трубопроводов и оборудования, а наличие механических примесей вызывает их абразивный износ. Поэтому, перед подачей нефти в магистральный трубопровод следует отделить воду, механические примеси, соли и попутный газ. Сбор и подготовка нефти и попутного газа на площадях месторождений, начинающихся с устья скважины и заканчивающиеся на установке подготовки нефти и газа, являются единой технологической системой. На УКПН осуществляют в комплексе все технологические операции по подготовке нефти, т.е. её очистку от механических примесей, дегазацию и обезвоживание. Выделенная из нефти вода, поступает на установку подготовки воды (УПВ), где подвергается очистке от примесей, окислов железа и т.д. Подготовленная вода поступает на кустовые насосные станции (КНС), а оттуда под давлением закачивается в пласты. Закачка воды в пласт оказывает давление на нефть и вытесняет её к забоям скважин, повышая тем

самым их дебит и продлевая период фонтанной эксплуатации. Попутный (нефтяной) газ, отделённый от нефти на УКПН, направляют для переработки по газопроводу на газоперерабатывающий завод (ГПЗ). Нефть, подготовленную на УКПН, подают на головные насосные станции, создающие необходимое давление для обеспечения перемещения её по магистральному трубопроводу. Небольшие количества нефти, а также газовый конденсат, поставляются по железной дороге. В государствах-импортёрах нефти, имеющих выход к морю, поставка на припортовые НПЗ осуществляется водным транспортом (танкеры). Принятое на завод сырьё поступает в соответствующие емкости товарно-сырьевой базы, связанной трубопроводами со всеми технологическими установками НПЗ. Количество поступившей нефти определяется по данным приборного учёта или путём замеров в сырьевых емкостях. Итак, нефть поступает на нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) и в последствие на нефтехимические заводы (НХЗ), где получают нефтепродукты и продукты нефтехимии, которые различным транспортом направляют на нефтебазы и затем к потребителям. Для хранения нефти и получаемых из нее нефтепродуктов, например бензина, строят специальные металлические резервуары. Они похожи на гигантские консервные банки. Стенки нефтехранилищ окрашивают серебряистой алюминиевой краской, хорошо отражающей солнечные лучи, чтобы нефть и нефтепродукты не нагревались. Проследив путь нефти от месторождения до потребителя, становится понятным, что мы имеем дело с материальными потоками, образующимися в результате разведки, добычи, транспортировки, подготовки и выполнения других материальных

операций, начиная от первичного источника сырья вплоть до конечного потребителя и протекающими между различными предприятиями рис. 1.

В свою очередь, технологический процесс переработки нефти (Переработка - Нефтеперерабатывающий завод (Блок б)) включает в себя множество процессов представляемых на рис.2 – 5:

Основной функцией нефтеперерабатывающего завода является переработка нефти в бензин, авиационный керосин, мазут, дизельное топливо, смазочные масла, смазки, битумы, нефтяной кокс, сырьё для нефтехимии. Производственный цикл НПЗ обычно состоит из подготовки сырья, первичной перегонки нефти и вторичной переработки нефтяных фракций: каталитического крекинга, каталитического риформинга, коксования, висбрекинга, гидрокрекинга, гидроочистки и смешения компонентов готовых нефтепродуктов.

6.1. Сначала производится **подготовка сырья**: обезвоживание и обессоливание нефти, дегазация, удаление твердых частиц, удаление механических примесей, удаление твердых углеводородов на специальных установках для выделения солей и других примесей, вызывающих коррозию аппаратуры, замедляющих крекинг и снижающих качество продуктов переработки. В нефти остаётся не более 3—4 мг/л солей и около 0,1 % воды. Затем нефть поступает на первичную перегонку.

6.2. Первичная переработка — перегонка

Первичные процессы переработки не предполагают химических изменений нефти, а представляют собой процессы ее физического разделения на фракции. Жидкие углеводороды нефти имеют различную температуру кипения.

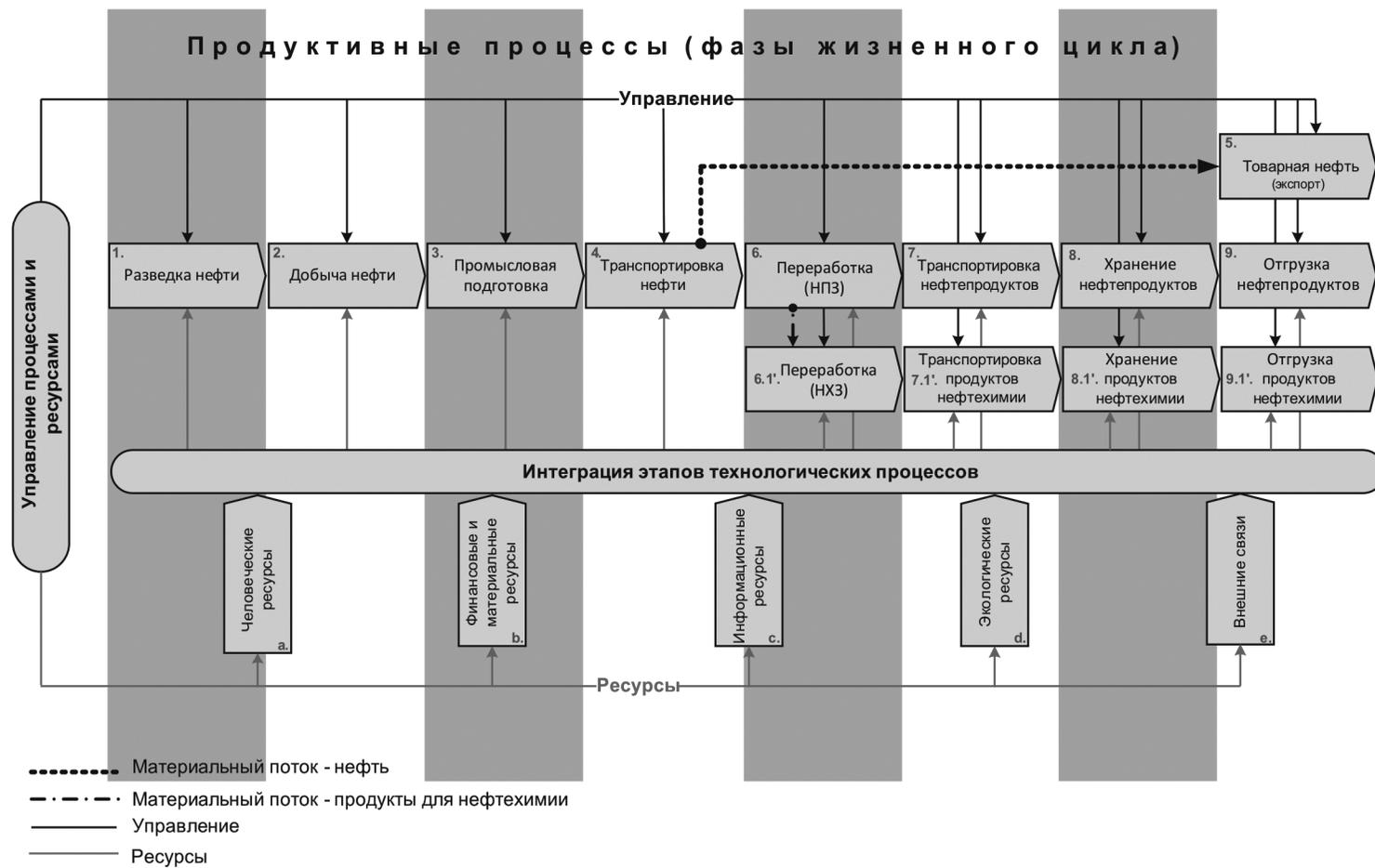


Рис. 1. Концептуальная модель использования жидкого минерального продукта

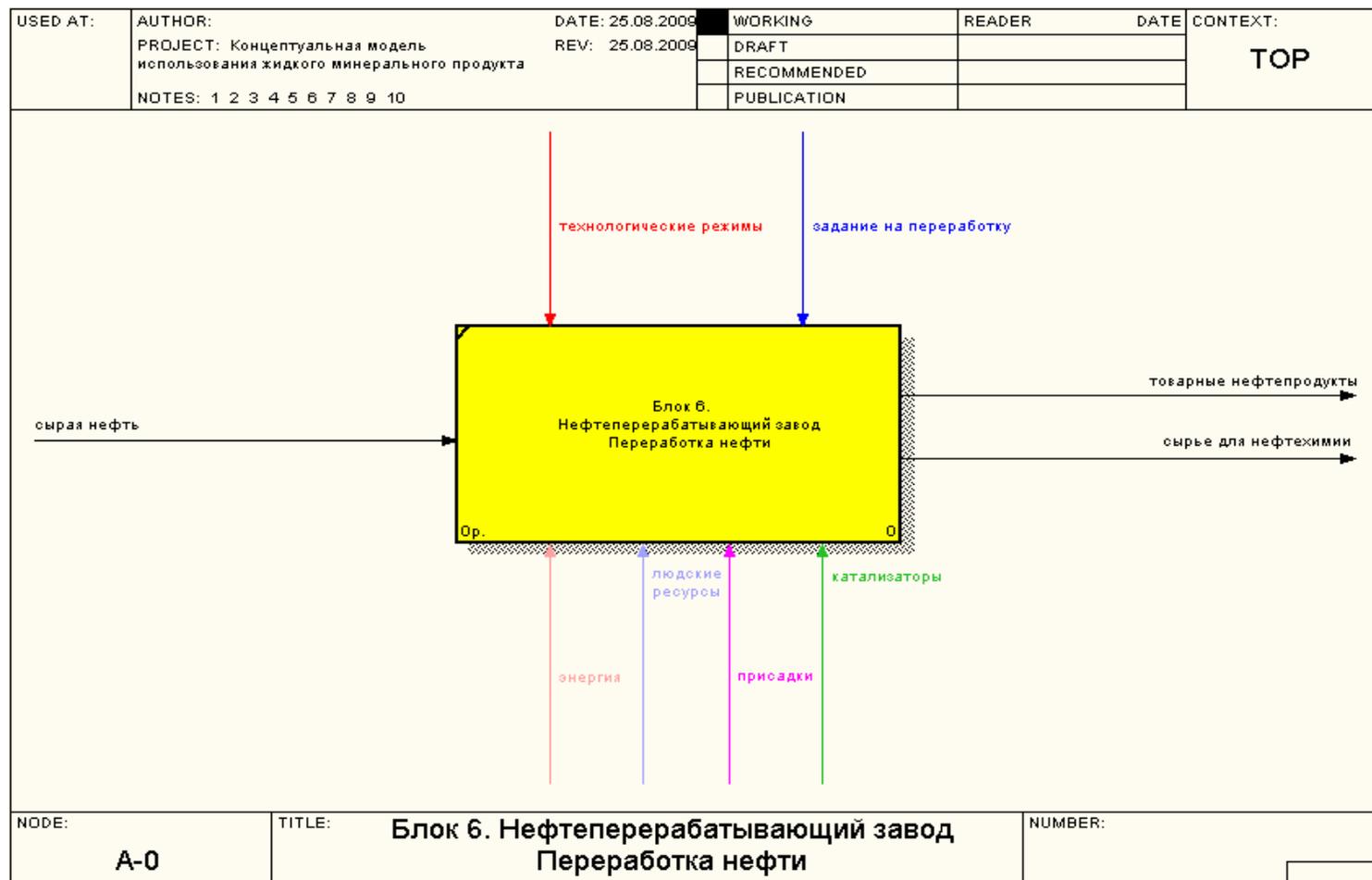


Рис. 2. Блок 6. Нефтеперерабатывающий завод - Переработка нефти

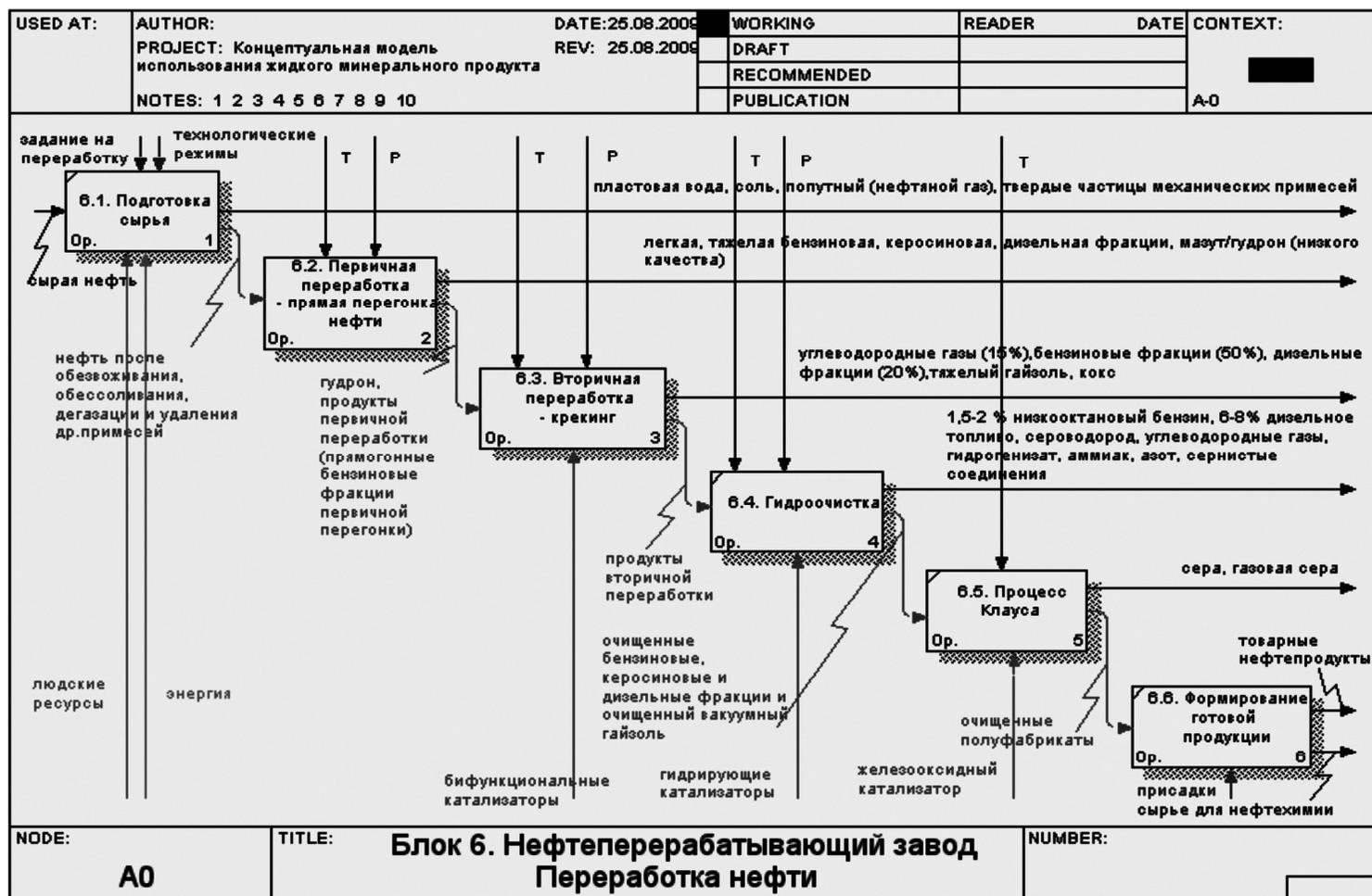


Рис. 3. Процессы НПЗ – переработка нефти

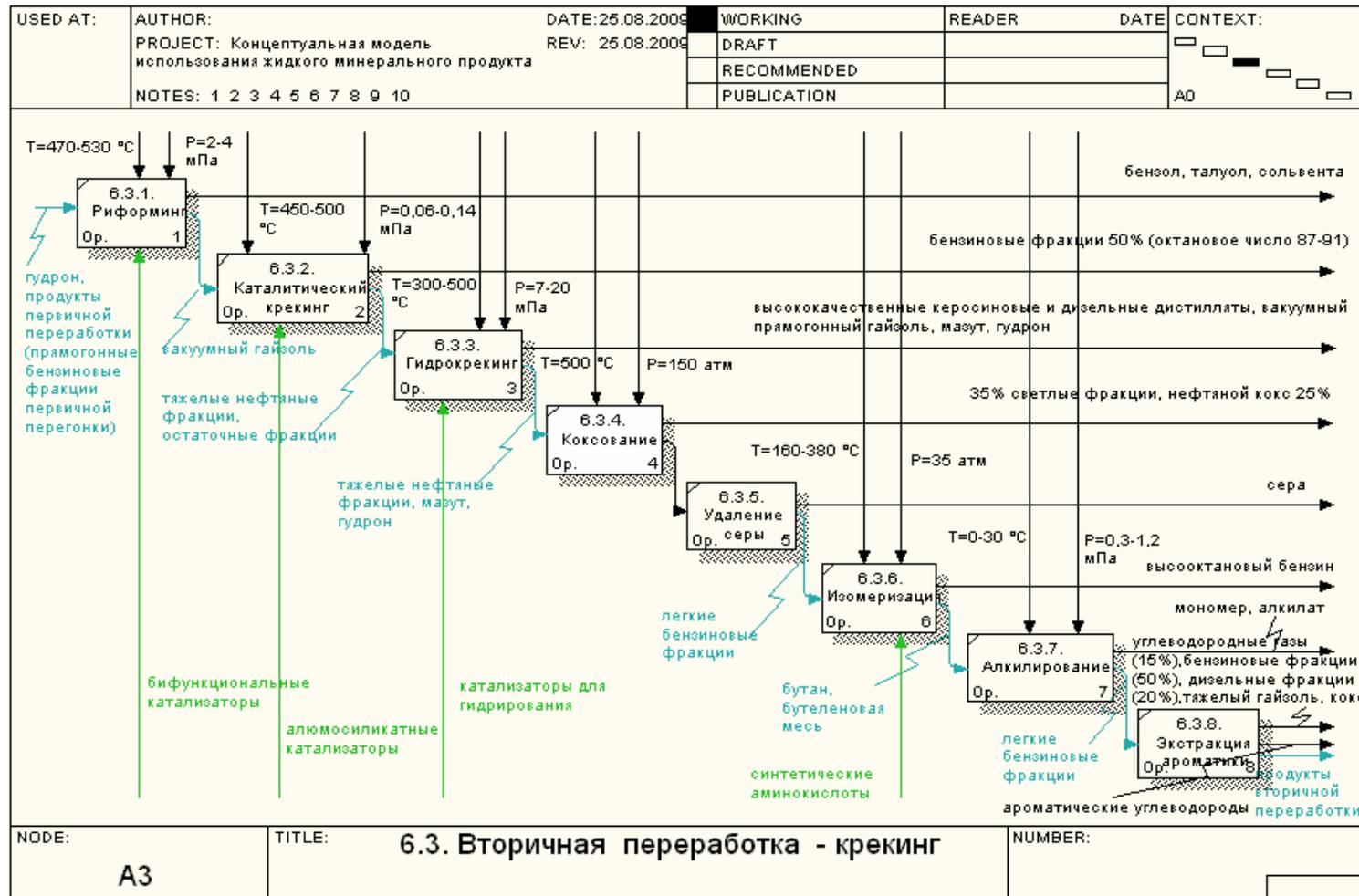


Рис. 5. Вторичная переработка - крекинг

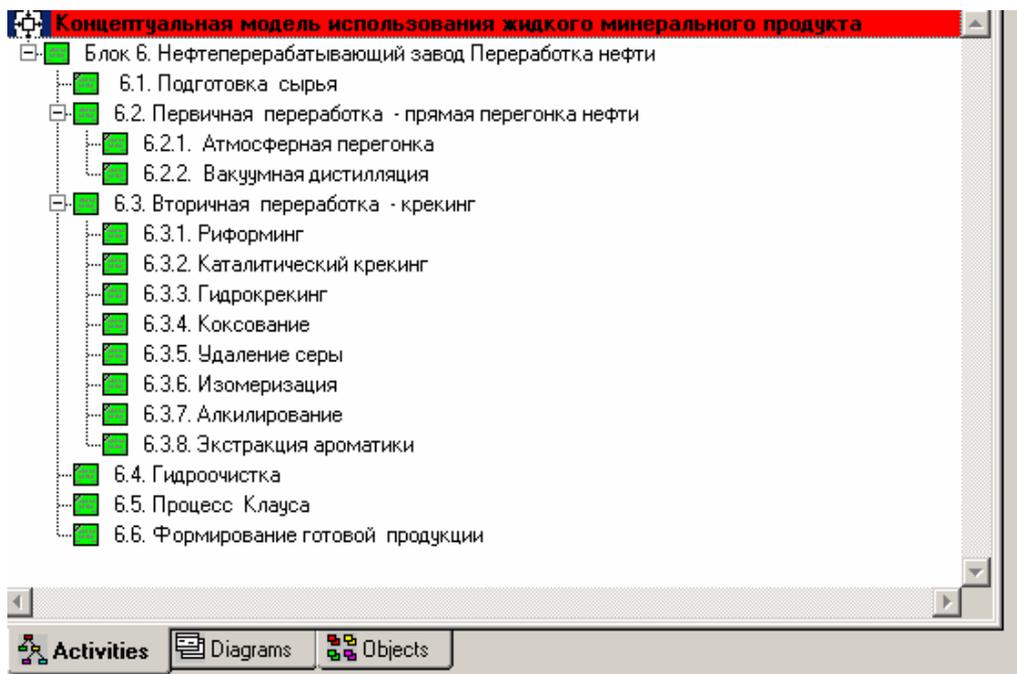


Рис. 6. Концептуальная модель использования жидкого минерального продукта в системе BP Win (конъюнктура)

На этом свойстве основана перегонка. При нагреве в ректификационной колонне до 350 °С из нефти последовательно с ростом температуры выделяются различные фракции.

6.2.1. Атмосферная перегонка

Нефть поступает в ректификационные колонны на атмосферную перегонку (перегонку при атмосферном давлении), где разделяется на несколько фракций: легкую и тяжёлую бензиновые фракции, керосиновую фракцию, дизельную фракцию и остаток атмосферной перегонки — мазут. Качество получаемых фракций не соответствует требованиям, предъявляемым к товарным нефтепродуктам, поэтому фракции подвергают дальнейшей (вторичной) переработке.

6.2.2. Вакуумная дистилляция

Вакуумная дистилляция — процесс отгонки из мазута (остатка атмосфер-

ной перегонки) фракций, пригодных для переработки в моторные топлива, масла, парафины, церезины и другую продукцию нефтепереработки и нефтехимического синтеза. Остающийся после этого тяжелый остаток называется гудроном. Может служить сырьем для получения битумов.

6.3. Вторичные процессы

Целью вторичных процессов является увеличение количества производимых моторных топлив, они связаны с химической модификацией молекул углеводородов, входящих в состав нефти, как правило, с их преобразованием в более удобные для окисления формы.

По своим направлениям, все вторичные процессы можно разделить на 3 вида: Углубляющие. Каталитический крекинг, термический крекинг, висбрекинг, замедленное коксования, гидрокрекинг, производство битумов

и т.д. Облагораживающие. Риформинг, гидроочистка, изомеризация и т.д. Прочие. Процессы по производству масел, МТБЭ, алкилирования, производство ароматических углеводородов и т.д.

Вторичная переработка — крекинг. Вторичная переработка нефти проводится путём термического или химического каталитического расщепления продуктов первичной нефтеперегонки для получения большего количества бензиновых фракций, а также сырья для последующего получения ароматических углеводородов — бензола, толуола и других. Одна из самых распространенных технологий этого цикла — крекинг (англ. cracking — расщепление).

6.3.1. Риформинг. Риформингу подвергаются бензиновые фракции с пределами выкипания 85-180°C. В результате риформинга бензиновая фракция обогащается ароматическими соединениями и его октановое число повышается примерно до 85. Полученный продукт (риформат) используется как компонент для производства автобензинов и как сырье для извлечения ароматических углеводородов.

6.3.2. Каталитический крекинг. Сырьем для каталитического крекинга служат атмосферный и легкий вакуумный газойль, задачей процесса является расщепление молекул тяжелых углеводородов, что позволило бы использовать их для выпуска топлива. В процессе крекинга выделяется большое количество жирных(пропан-бутан) газов, которые разделяются на отдельные фракции и по большей части используются в третичных технологических процессах на самом НПЗ. Основными продуктами крекинга являются пентан-гексановая

фракция (т. н. газовый бензин) и нефтя крекинга, которые используются как компоненты автобензина. Остаток крекинга является компонентом мазута.

6.3.3. Гидрокрекинг — процесс расщепления молекул углеводородов в избытке водорода. Сырьем гидрокрекинга является тяжелый вакуумный газойль (средняя фракция вакуумной дистилляции). Главным источником водорода служит газ риформинга. Основными продуктами гидрокрекинга являются дизельное топливо и т. н. бензин гидрокрекинга (компонент автобензина).

6.3.4. Коксование. Процесс получения нефтяного кокса из тяжелых фракций и остатков вторичных процессов.

6.3.5. Удаление серы

6.3.6. Изомеризация. Процесс получения углеводородов изостроения (изопентан, изогексан) из углеводородов нормального строения. Целью процесса является получение сырья для нефтехимического производства (изопрен из изопентана) и высокооктановых компонентов автомобильных бензинов.

6.3.7. Алкилирование — введение алкила в молекулу органического соединения. Алкилирующими агентами обычно являются алкилгалогениды, алкены, эпоксисоединения, спирты, реже альдегиды, кетоны, эфиры, сульфиды, диазоалканы.

6.3.8. Экстракция ароматики. Самым распространенным применением экстракции ароматики является выщеление бензола, толуола и ксилолов (в основном бензола) в индивидуальном виде. Чтобы этот процесс был эффективным, сырье для экстракции предварительно превращают в концентрат ароматики, выщеляя узкую фракцию из риформата или прямогонного бензина.

6.4. Гидроочистка

Гидроочистку осуществляют на гидрирующих катализаторах с использованием алюминиевых, кобальтовых и молибденовых соединений.

Задача процесса — очистка бензиновых, керосиновых и дизельных фракций, а также вакуумного газойля от сернистых, азотсодержащих, смолистых соединений и кислорода. На установки гидроочистки могут подаваться дистилляты вторичного происхождения с установок крекинга или коксования, в таком случае идет также процесс гидрирования олефинов. Мощность существующих в РФ установок составляет от 600 до 3000 тыс. т в год. Водород, необходимый для реакций гидроочистки, поступает с установок каталитического риформинга, либо производится на специальных установках.

Сырьё смешивается с водородосодержащим газом концентрацией 85-95 % об., поступающим с циркуляционных компрессоров, поддерживающих давление в системе. Полученная смесь нагревается в печи до 280—340°C, в зависимости от сырья, затем поступает в реактор. Реакция идет на катализаторах, содержащих никель, кобальт или молибден под давлением до 50 атм. В таких условиях происходит разрушение сернистых и азотсодержащих соединений с образованием сероводорода и аммиака, а также насыщение олефинов. В процессе за счет термического разложения образуется незначительное (1,5-2 %) количество низкооктанового бензина, а при гидроочистке вакуумного газойля также образуется 6-8 % дизельной фракции. В очищенной дизельной фракции, содержание серы может снизиться с 1,0 % до 0,005 % и ниже. Газы процесса подвергаются очистке с целью извлечения сероводорода, который поступает на производство

элементарной серы или серной кислоты.

6.5. Процесс Клауса. Установка Клауса активно применяется на нефтеперерабатывающих предприятиях для переработки сероводорода с установок гидрогенизации и установок аминной очистки газов для получения серы.

6.6. Формирование готовой продукции. Бензин, керосин, дизельное топливо и технические масла подразделяются на различные марки в зависимости от химического состава. Завершающей стадией производства НПЗ является смешение полученных компонентов для получения готовой продукции требуемого состава.

На ориентированную модель использования жидкого минерального продукта оказывают влияния управляющие процессы, которые прямым образом влияют на фазы жизненного цикла:

- Человеческие ресурсы;
- Финансовые и материальные ресурсы;
- Информационные ресурсы;
- Экологические ресурсы;
- Внешние связи.

Видно, что здесь присутствуют все признаки характеризующие макрологистическую систему. Макрологистическая система является крупной системой управления материальными потоками, охватывающей предприятия и организации промышленности, посреднические, торговые и транспортные организации различных ведомств, расположенных в разных регионах страны или в разных странах. Макрологистическая система представляет собой определенную инфраструктуру экономики региона страны или группы стран. Мы рассмотрели организацию звеньев логистической

цепи по доведению материального потока до конечного потребителя.

Из рассмотренной концептуальной модели использования жидкого минерального продукта в системе BP Win видно, что ходе всего процесса переработки сырой нефти, она превращается в огромное количество полезных продуктов. Каждая дальнейшая стадия глубины переработки³ сырой нефти характеризуется все большим усложнением нефтепродукта. Можно сказать, что нефть, находящиеся на конкретной стадии глубины переработки имеет

свой технологический потолок, ниже которого начинается технологический уровень сложных, комплексных и системных продуктов. Этот класс продуктов отличается технологически тем, что для их создания требуется комбинация нескольких или множества минеральных продуктов и катализаторов. Именно системные изделия являются продуктом высоких технологий.

³Глубина переработки нефти (ГПН) - показатель, характеризующий эффективность использования сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Химия нефти и топлив: учебное пособие* / Е. В. Бойко. - Ульяновск: УлГТУ, 2007.- 60 с. Освещены вопросы происхождения нефти и общие сведения о нефтяной промышленности.
2. *Переработка нефти* У. П. Леффлера/ Перевод: З.П. Свитанько, -224 стр. научно-популярное описание процессов переработки нефти на современном нефтеперерабатывающем заводе.
<http://www.avege.xost.ru/avegemain/project/refrat/pldob20.shtml>
3. *Доклад: Логистик* - «Анализ организации логгстической цепи: "Добыча нефти — Транспорт — Переработка — Хранение — Потребитель нефтепродуктов"»
http://www.erp-online.ru/phparticles/show_news_one.php?n_id=208
4. *статья: «Мы наш, мы новый мир построим...»* © Планета КИС 2001© PC Week/RE 2001/37© Виктор Бирюков, Владимир Дрожжинов, Дмитрий Куприн.
5. *Википедия* – свободная энциклопедия.
6. *КМ-Вики* - образовательный портал. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Александрова В.И. – аспирантка, Princess7v@mail.ru, Aleksandrova.VI@gazprom-neft.ru
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

