

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МЕТИЛ-трет-БУТИЛОВОГО ЭФИРА

Р.Ю. Тарасенко, ассистент, *Е.В. Бурляева, профессор

кафедра Маркетинга и менеджмента,

*кафедра Информационных технологий МИТХТ им. М.В. Ломоносова, Москва, 119571 Россия

e-mail: lenbur@yandex.ru

На основе методологии функционального моделирования построен комплекс моделей в нотации IDEF0, описывающий технологию производства и процедуры контроля качества метил-трет-бутилового эфира.

Ключевые слова: системный анализ, функциональное моделирование, метил-трет-бутиловый эфир.

1. Введение

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) – один из главных кислородосодержащих высокооктановых компонентов, используемых при получении неэтилированных автомобильных бензинов. Применяется в качестве добавки к моторным топливам, повышающей октановое число бензинов. МТБЭ широко применяется в производстве высокооктановых бензинов, при этом выступает как нетоксичный высокооктановый компонент и как оксигенат (носитель кислорода), способствующий более полному сгоранию топлива и предотвращению коррозии металлов [1]. трет-Бутиловые эфиры значительно более безопасны для окружающей среды и двигателей по сравнению с этиловой жидкостью (тетраэтилсвинцом) или ароматическими углеводородами, которые также используются для повышения октанового числа бензинов. Производство МТБЭ в России увеличивается с каждым годом.

2. Цели и методы функционального моделирования

Одним из методов повышения эффективности управления производством МТБЭ является структуризация и формализация производственных процессов. Результатом функционального моделирования производства является функционально-технологическая модель, которая описывает последовательное преобразование ресурсов в продукцию усилиями различных исполнителей на основе различных регламентирующих документов. Как правило, для построения функционально-технологических моделей используют нотацию IDEF0 [2].

Методология IDEF была разработана в США для описания структуры, параметров и характеристик производственно-технических и организационно-экономических систем. Аббревиатура IDEF расшифровывается как ICAM Definition (описание ICAM) и содержит в себе другую аббревиатуру ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing – интегрированная компьютеризация производства). В России нотация IDEF0 изложена в Рекомендациях по стандартизации Р 50.1.028-2001 [3]. Эти реко-

мендации содержат описание синтаксиса графического языка, используемого в нотации функционального моделирования IDEF0. В рамках этой нотации описание производственного процесса строится в виде иерархической структуры, которая отражает различные уровни абстракции с ограниченным числом компонентов на каждом из уровней. Основным элементом описания является диаграмма, состоящая из функциональных блоков и соединяющих их дуг. Различают 4 роли дуг: интерфейс ввода/вывода, управляющее воздействие и механизм реализации функции. Роль дуги задается ее расположением относительно функционального блока: стрелка, входящая в блок слева, обозначает входной параметр, стрелка, входящая сверху, – управление, стрелка, входящая снизу, – механизм реализации, стрелка, выходящая справа, – выходные параметры. Нотация IDEF0 позволяет удобно описать иерархическую декомпозицию «этап-подэтап» сверху вниз, поскольку обеспечивает пошаговую детализацию диаграмм. Каждый функциональный блок может быть декомпозирован на другой диаграмме.

Проведение функционального моделирования производства с последовательной декомпозицией отдельных этапов позволяет четко регламентировать действия, выполняемые на каждом этапе, используемые материалы и требования к ним, технологическое оборудование, а также процедуры контроля качества.

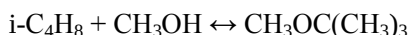
3. Краткое описание производства

Основным сырьем для производства МТБЭ на нефтеперерабатывающих заводах является изобутан-изобутиленовая фракция (ИИФ). Эта фракция получается дегидрированием бутан-изобутановой фракции, которая в свою очередь является одним из продуктов разделения широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) на фракции индивидуальных углеводородов. Выделение индивидуальных углеводородов обеспечивается на действующих нефтехимических комбинатах и НПЗ в ректификационных установках.

Далее осуществляется дегидрирование изобутановой фракции. Изобутановая фракция по-

догревается в печи до температуры 550°C. Из печи перегретые пары изобутилена поступают в нижнюю часть реактора под распределительную решетку. Дегидрирование изобутана проводится при 540-590°C в кипящем слое пылевидного алюмохромового катализатора, циркулирующего в системе реактор-регенератор. Реакция дегидрирования эндотермическая, теплота для реакции подводится с регенерированным горячим катализатором. Завершающей стадией получения изобутан-изобутиленовой фракции является охлаждение водой газа в скруббере: газ попадает на скруббер и последующее отделение воды в сепараторе.

МТБЭ получают в одну стадию, присоединяя метиловый спирт к изобутилену. Синтез МТБЭ в присутствии кислотного катализатора осуществляется путем алкилирования метанола изобутиленом по обратимой реакции:



Реакция протекает в жидкой фазе с выделением тепла. Тепловой эффект реакции составляет 41,8 кДж/моль. Равновесие реакции смещается вправо при повышении давления и снижении температуры. Процесс синтеза МТБЭ ведут при температуре от 50 до 100°C и давлении, необходимом для поддержания реагентов в жидкой фазе. При правильно подобранных режимах побочные реакции можно практически полностью подавить, обеспечив селективность процесса 98% и выше [4].

4. Результаты функционального моделирования

На начальном этапе функционального моделирования процесс производства и поставки МТБЭ рассматривается как единое целое. Исходной информацией для этого процесса явля-

ются планы производства и поставки.

Регламентируют этот единый процесс требования к качеству продукции и управленческие решения, принимаемые менеджментом подразделения. В качестве исполнителей процесса производства и поставки МТБЭ выступает вся организационно-производственная структура подразделения.

Далее на 1-м этапе декомпозиции выделены 4 основных организационно-производственных процесса:

- закупка сырья и материалов,
- разделение на фракции (выделение изобутан-бутановой фракции, ИБФ),
- производство МТБЭ,
- подготовка и сбыт продукции.

На диаграмме, соответствующей этому этапу декомпозиции (уровень А0; рис. 1), каждому из выделенных процессов соответствует функциональный блок. Основные организационно-производственные процессы должны выполняться последовательно, поскольку результат выполнения каждого из этих процессов используется при осуществлении следующего процесса. Так, одним из результатов процесса закупки сырья и материалов является широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), которая используется в качестве сырья в следующем процессе (на основе этой фракции получают ИИФ).

При выделении основных организационно-производственных процессов детализируются планы производства, для каждого из процессов формируются свои планы. На диаграмме для детализации планов дуга «планы производства и поставки» разветвляется на 4 дуги, каждая из которых является входной для каждого из основных процессов.

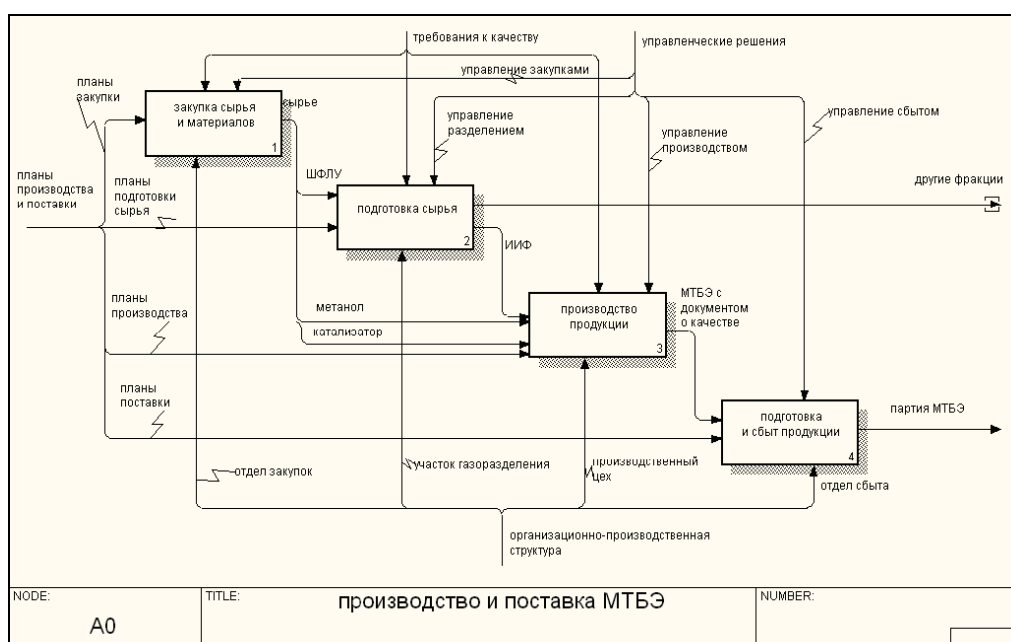


Рис. 1. Диаграмма уровня А0 «Производство и поставка МТБЭ».

Аналогично, детализируются требования к качеству – для процессов закупки сырья, разделения на фракции и производства МТБЭ они различаются, что отображается на диаграмме как разветвление дуги «требования к качеству». Детализируются и управляющие воздействия, для каждого из основных процессов они различны. Дуги, подчиненные дугам «требования к качеству» и «управляющие воздействия», являются дугами с ролью «управление» для функциональных блоков, описывающих основные процессы.

В качестве исполнителей выделяют организационно-производственные подразделения, которые на диаграмме описаны с помощью дуг с ролью «механизм».

Отметим, что помимо дуги «партия МТБЭ», отображающей основной продукт производства, на диаграмме изображена дуга «другие фракции», описывающая продукты, являющиеся результатом процесса «разделение на фракции». Это фракции индивидуальных углеводородов, которые не используются при производстве МТБЭ.

Далее выполняется декомпозиция каждого из основных организационно-производственных процессов.

Так, процесс подготовки сырья, в результате которого из ШФЛУ получают ИИФ, декомпозируется на 2 последовательных процесса: выделение ИБФ и дегидрирование ИБФ. Каждый из этих процессов, в свою очередь, подвергается декомпозиции. Рассмотрим более подробно декомпозицию процесса дегидрирования ИБФ. Результатом декомпозиции является диаграмма уровня A22, представленная на рис. 2. Процесс декомпозируется на 3 последовательных процесса. Результат каждого из этих процессов является сырьем для следующего процесса, что показывают дуги, связывающие выход одного функционального блока со входом другого. Кроме того, из диаграммы на рис. 2 видно, что в процессе дегидрирования используются катализатор и вода. Следует обратить внимание на дуги, описывающие обратные связи – циркуляцию катализатора в реакторе и воды в скруббере. На диаграмме также детализируются аппараты, в которых происходят описываемые технологические процессы. Эти аппараты представлены с помощью дуг с ролью «механизм».

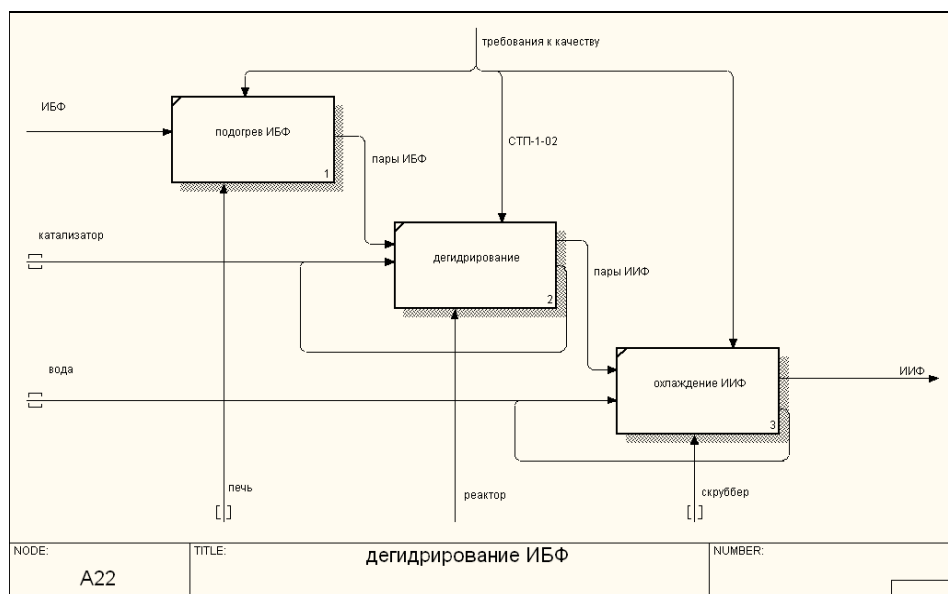


Рис. 2. Диаграмма уровня A22 «Дегидрирование ИБФ».

Центральный процесс «производство продукции» декомпозируется на 4 процесса:

- Синтез МТБЭ
- Выделение МТБЭ
- Контроль качества МТБЭ
- Разделение углеводород-метанольной смеси.

Три первых процесса являются последовательными производственными процессами, а процесс «контроль качества МТБЭ» – контрольным. Диаграмма, описывающая производство, имеет уровень A3 и представлена на рис. 3.

Отметим, что продукты, полученные в результате процесса разделения углеводород-метанольной смеси, возвращаются на вход реактора.

Этот факт описывают дуги «метанол» и «ИИФ», связывающие выходы функционального блока 4 с входами функционального блока 1. Эти дуги задают обратную связь – повторное использование сырья.

При несоответствии установленным требованиям МТБЭ может быть отправлен на доработку, что описывает дуга, ведущая из блока «Контроль качества МТБЭ» (3) на вход предыдущего блока, «Выделение МТБЭ». Эта дуга так же задает обратную связь, но семантика этой связи иная – это повторная обработка некачественной продукции. Если же продукция удовлетворяет установленным требованиям, на полученный МТБЭ оформляют документ о качестве.

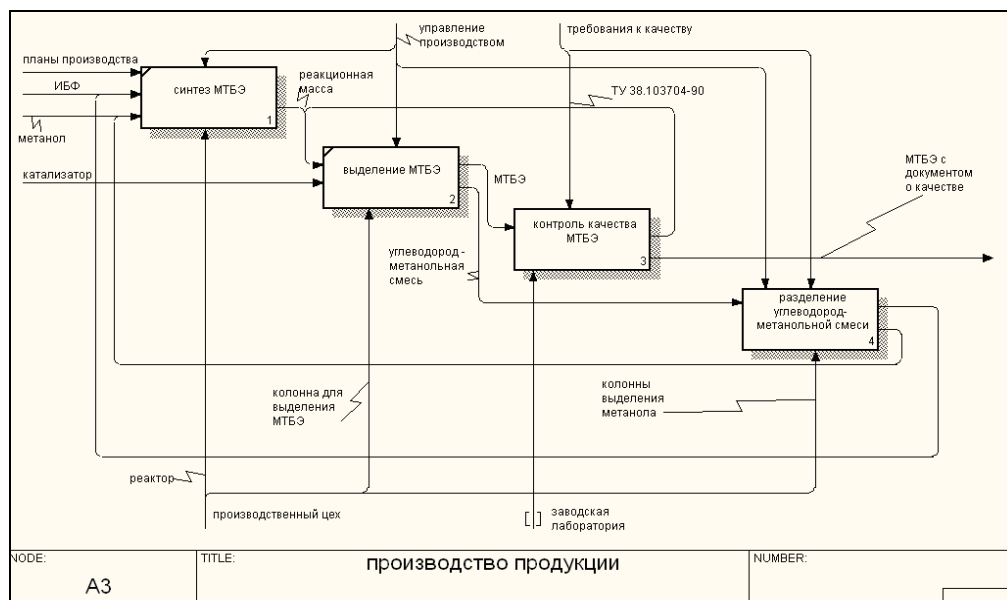


Рис. 3. Диаграмма уровня А3 «Производство продукции».

Функциональный блок «контроль качества МТБЭ» декомпозирован на диаграмме следующего уровня (А33), представленной на рис. 4. Контроль качества МТБЭ состоит из 5 этапов, каждому из которых на диаграмме соответствует функциональный блок. Все этапы контроля качества МТБЭ выполняются в соответствии с ТУ 38.103704-90, поэтому для каждого функционального блока на этой диаграмме задана дуга с ролью «управление» с меткой – номером регламентирующего документа. На вход функционального блока 1, описывающего отбор проб, поступает произведенный на предыдущем этапе МТБЭ, результатом этого процесса является проба МТБЭ. Дуга, описывающая пробу МТБЭ, выходит из функционального блока 1 и

входит в блоки 2 и 3. Функциональный блок 2 описывает контроль внешнего вида и наличия механических примесей в пробе МТБЭ. Контроль осуществляется визуально, что описано на диаграмме с помощью дуги с ролью «механизм». Функциональные блоки 3 и 4 описывают контроль состава пробы МТБЭ. Контроль осуществляется путем получения хроматограммы и ее последующего анализа. Результаты контроля являются основанием для оформления документа о качестве. Этот процесс описан с помощью функционального блока 5, входными для этого блока являются дуги, описывающие результаты визуального контроля и результаты анализа хроматограммы. Выходит из этого блока дуга, описывающая документ о качестве.

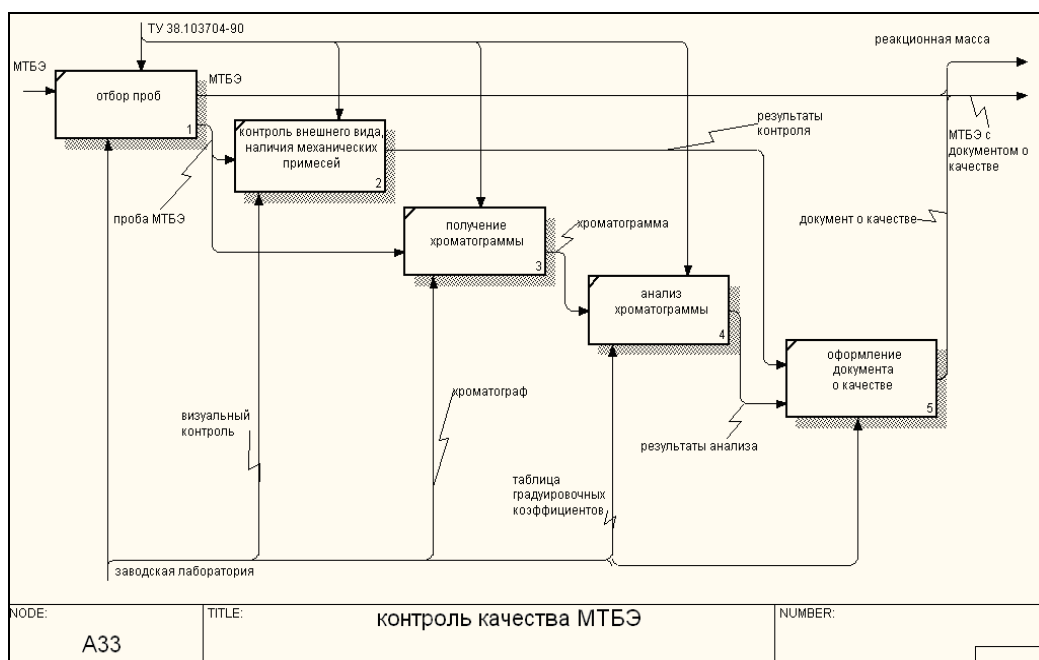


Рис. 4. Диаграмма уровня А3 «Контроль качества МТБЭ».

Итоговая иерархическая структура, описывающая все этапы декомпозиции технологии производства ФС, представляет собой дерево.

На рис. 5 приведены первые 3 уровня иерархии декомпозиции.

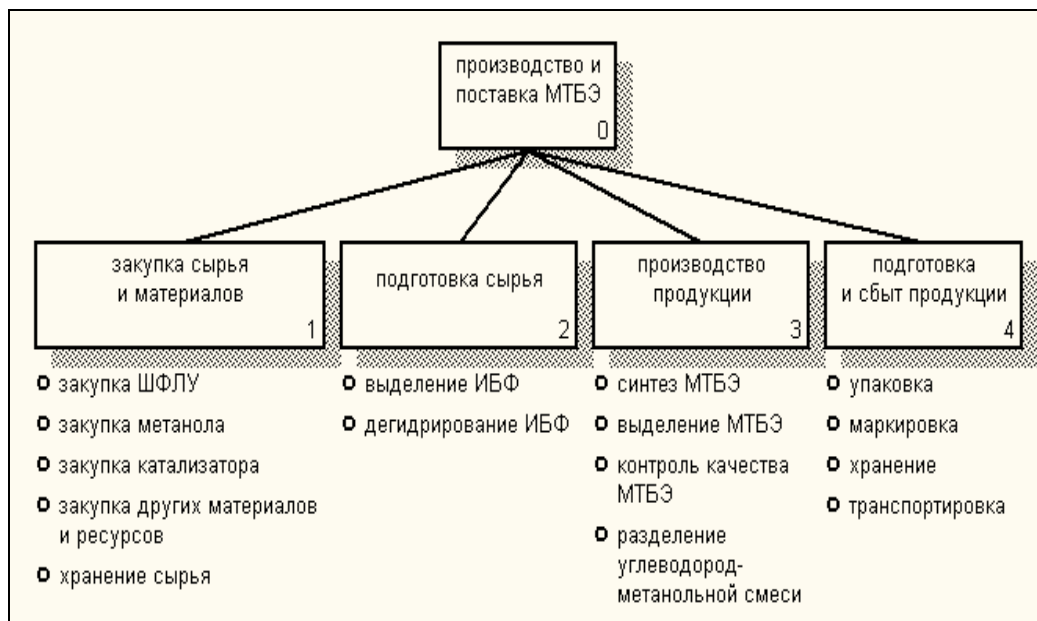


Рис. 5. Иерархическая диаграмма, описывающая первые 3 уровня декомпозиции.

5. Выводы

Построенная в нотации IDEF0 функционально-технологическая модель производства метил-трет-бутилового эфира обеспечивает структуризацию и формализацию процессов

производства, контроля качества и управления. Разработка функционально-технологической модели является одним из методов повышения эффективности управления производством.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Емельянов В.У. Проблемы производства отечественных автомобильных бензинов и пути их решения // Мир нефтепродуктов. 2010. № 3. С. 10–13.
2. Бурляева Е.В., Колыбанов К.Ю., Панова С.А. Информационная поддержка систем принятия решений на производственных предприятиях химического профиля. – М.: Изд-во МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2013. 196 с.
3. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. Госстандарт России. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
4. ТУ 38.103704-90. Эфир метил-трет-бутиловый (МТБЭ). Технические условия.
5. Тарасенко Р.Ю., Панова С.А. Интеграция систем управления качеством, охраны здоровья и безопасности персонала и охраны окружающей природной среды на химических предприятиях как основа решения системной проблемы развития химического комплекса // Интеграл. 2012. № 2 (64). С. 14–15.

FUNCTIONAL SIMULATION OF PRODUCTION OF METHYL TERTIARY BUTYL ETHER

R.Yu. Tarasenko, E.V. Burlyaeva[@]

M.V. Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies, Moscow, 119571 Russia

[@]Corresponding author e-mail: lenbur@yandex.ru

On the basis of functional modeling methodology a complex of models in IDEF0 notation was created. It describes the production technology and quality control procedure for methyl tertiary butyl ether manufacturing.

Key words: system analysis, functional modeling, methyl tertiary butyl ether.