

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

УДК: 621.039.7:303.732.4

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

К.Ю. Колыбанов, И.Ю. Пашинцева, С.С. Пашинцев

ГОУ ВПО «Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова», г. Москва

Рецензент д-р техн. наук, профессор Л.А. Бахвалов

Ключевые слова и фразы: декомпозиция; многомерная модель; радиоактивные отходы; функциональное моделирование.

Аннотация: Рассмотрены вопросы применения методологии функционального моделирования с использованием нотации IDEF0 к процессам переработки и подготовки к длительному хранению радиоактивных отходов. Построены модели и проведена декомпозиция отдельных этапов процесса кондиционирования РАО. Построена диаграмма потоков данных для процесса кондиционирования, а также описаны дальнейшие шаги по переходу от моделирования к многомерному анализу данных.

В мире накоплено значительное количество радиоактивных отходов (РАО), которые образовались в результате эксплуатации атомных электростанций, переработки отработанного ядерного топлива, использования источников радиоактивного излучения в науке, технике, медицине. РАО представляют большую опасность для человека и других объектов биосферы из-за их радиационного и токсического воздействий. В исходном виде РАО непригодны для хранения из-за малой механической прочности и значительной химической активности. Поэтому они подлежат кондиционированию, которое включает уменьшение объема и перевод в твердую стабильную монолитную форму с последующим долговременным

Колыбанов К.Ю. – доктор технических наук, профессор, доцент кафедры информационных технологий, e-mail: cyrk@mail.ru; Пашинцева И.Ю. – аспирант, ассистент кафедры информационных технологий, e-mail: e-learning@mitht.rssi.ru; Пашинцев С.С. – аспирант, ассистент кафедры информационных технологий, e-mail: Serge@crisis-care.ru, Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

хранением кондиционированных РАО в течение времени, необходимого для снижения их активности до допустимых уровней.

Технологии переработки и кондиционирования радиоактивных веществ (РВ) и РАО на перерабатывающем комплексе МосНПО «Радон», в том числе и на других предприятиях системы «Радон», предназначены для того, чтобы обеспечить долговременное технологическое хранение кондиционированных отходов (сотни и тысячи лет). Исключительное значение имеет при этом сохранение полной информации о технологии получения каждого объекта хранения на такую же долговременную перспективу для подготовки технологических и организационных решений при нарушении кондиции отходов (или угрозе нарушения) в отдаленном будущем.

Созданные к настоящему времени информационные технологии на основе хранилищ данных позволяют обеспечить долговременное и надежное хранение информации, обеспечивая преемственность при изменении форм носителей информации.

Однако до настоящего времени практически не были проработаны вопросы систематизации и организации технологических регламентов и функциональный анализ конкретных производственных процессов.

Объективно сложилось так, что внедрение информационных технологий в подавляющем большинстве предприятий осуществлялось без стратегического плана развития, отдельными, изолированными друг от друга фрагментами. Более того, зачастую отдельные информационные подсистемы разрабатывались различными группами специалистов для решения локальных задач и имели различные операционно-системные платформы, таким образом, информационная инфраструктура такого учреждения имела лоскутный, фрагментарный характер, лишь формально объединенный в систему. Это оперативные (транзактные) подсистемы, которые обслуживают повседневную деятельность отдельных подразделений.

В результате анализа технологических регламентов и процедурных документов МосНПО «Радон» были выявлены существенные параметры технологических процессов переработки и кондиционирования РАО, необходимые для занесения в хранилище данных для решения прямой и обратной задач поиска. Рассмотрены технологии цементирования, остекловывания, прессования, концентрирования, сжигания и плазменной переработки радиоактивных отходов. Такие параметры, как группа РАО, радионуклидный состав, суммарная активность и ряд других, являются существенными для всех технологий, в отличие от специфических для каждой отдельной технологической установки (рис. 1).

На стадии основной технологической переработки происходит основное уменьшение объема РАО. Для жидких неорганических РАО это обеспечивается концентрированием, для горючих РАО – сжиганием, для прессуемых РАО – соответственно, прессованием. Некоторые технологии дополнительно обеспечивают химическую инертность полученных промежуточных форм РАО (сжигание, остекловывание).

Следующая стадия – кондиционирование – предназначена для обеспечения механической прочности окончательных форм РАО, направляемых на долгосрочное хранение. Как правило, эта стадия сопровождается некоторым увеличением объема по причине использования вторичной упаковки.

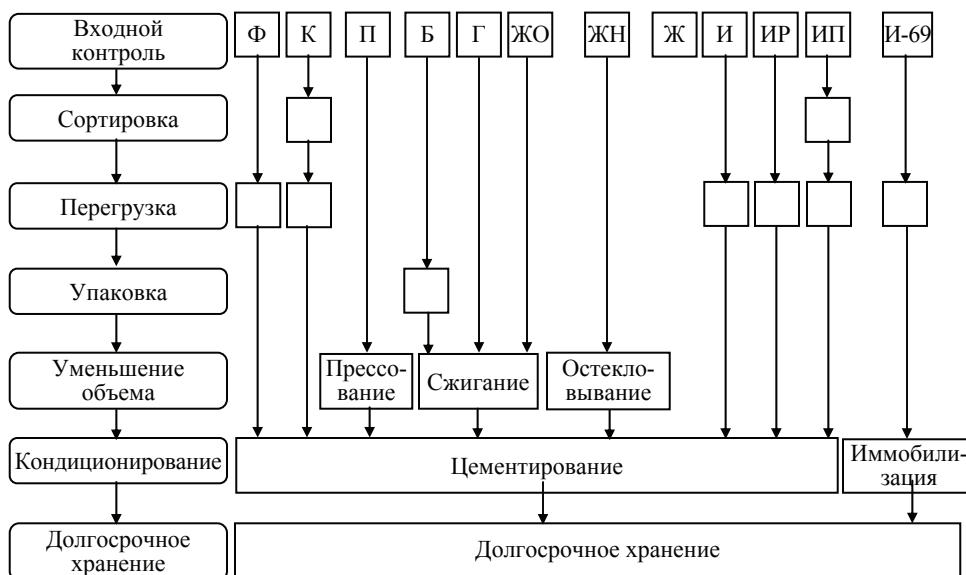


Рис. 1. Технологические стадии переработки и кондиционирования различных групп радиоактивных отходов на МосНПО «Радон»:

Ф – фильтры; К – кондиционируемые; П – прессуемые; Б – биологические; Г – горючие небιологические; ЖО – жидкие органические; ЖН – жидкие неорганические; Ж – жидкие прочие; И – источники с контейнерами; ИР – радиоизотопные приборы; ИП – ампулированные препараты; И-69 – источники, выгружаемые из контейнеров

Последняя стадия – собственно долгосрочное хранение, сопровождается проведением регулярного радиационного контроля объектов хранения с целью выявления возможных нарушений радиационной безопасности объектов хранения. Для принятия технологических и организационных управляющих решений по рекондicionированию объектов хранения или изменению условий их хранения при нарушениях кондиции отходов или обнаружении потенциальной угрозы нарушений необходимо обеспечить сохранение полной информации о технологии получения каждого объекта хранения РАО на такую же долговременную перспективу (см. рис. 1).

Для систематизации информации по процессам утилизации РАО необходимо создание информационной системы, которая бы решала следующие задачи [1]:

- 1) хранила полную техническую информацию обо всех процессах – как текущих, так и уже не применяемых на данный момент;
- 2) содержала информацию о параметрах хранения РАО;
- 3) позволяла делать выборки любых данных, касающихся РАО;
- 4) позволяла проводить обобщение, делать многомерный анализ данных, выполнять функции, свойственные системам поддержки принятия решений (СППР).

При концептуальном проектировании применяют ряд спецификаций, среди которых центральное место занимают модели преобразования, хранения и передачи информации. Модели, полученные в процессе обследования предприятия, – модели его функционирования. В процессе разработки информационной системы модели, как правило, претерпевают существен-

ные изменения, и в окончательном виде они рассматриваются уже как модели проектируемой информационной системы [2].

В работе рассмотрен структурный подход к проектированию, основанный на методологиях DFD (Data Flow Diagrams), IDEF0 (Integrated Computer-Aided Manufacturing DEFinition), IDEF1X, который позволяет выполнить анализ проектируемой информационной системы в стандартах IDEF0, DFD и моделирование и проектирование баз данных (БД) в стандарте IDEF1X.

Исходные положения для разработки информационной модели вытекают из IDEF0-модели.

Рассмотрим этапы построения информационной системы на примере МосНПО «Радон». На первом этапе разработки построим информационную модель процесса цементирования как типичного производственного процесса предприятия. Прочие процессы кондиционирования РАО аналогичны цементированию по структуре информационных потоков и комплектам документации и отличаются в основном технологическими особенностями.

В методологии функционального моделирования IDEF0 информационная модель процесса цементирования РАО на верхнем уровне декомпозиции представлена на рис. 2.

Для детализации процесса кондиционирования проведем декомпозицию контекстной диаграммы, представленной на рис. 2. Уровень А0 будет выглядеть, как это представлено на рис. 3, из которого видно, что все стадии процесса управляются технологическими регламентами и процедурными документами. После окончания технологического процесса часть готового продукта подвергается проверке на соответствие заданным параметрам качества, а остальной продукт сразу переходит на следующую стадию – хранение.

Проведем декомпозицию структурного элемента «Подготовка технологического процесса» для получения детального отображения процессов, происходящих в системе, на основе которого будет построена информационная система. Результат представлен на рис. 4, где показано, что обрабатываемые радиоактивные отходы сопровождаются комплектом документации, в который вносятся записи обо всех процедурах. Особенностью этого процесса является «обратная связь» на этапе промывки и отстаивания раствора – неудаляемый остаток вновь поступает на переработку.

Проводя таким образом декомпозицию, можно достичь любого необходимого уровня детализации процесса и получить подробное представление обо всех процессах и их взаимосвязях, которые в дальнейшем можно рассматривать с различных сторон, например, выделить цепочку обработки определенных материалов, получить инструкции для персонала путем максимальной «вертикальной» детализации отдельных блоков, систематизации используемой документации и т.д. Модель методологии IDEF0 связана с функциональными аспектами и позволяет отвечать на вопрос «Что делает система?», но не дает представления о том, на основании чего она это делает [2]. На этот вопрос отвечает модель методологии DFD, на которой отображаются информационные потоки системы. На рис. 5 представлена диаграмма потоков данных, дополняющая модели IDEF0.

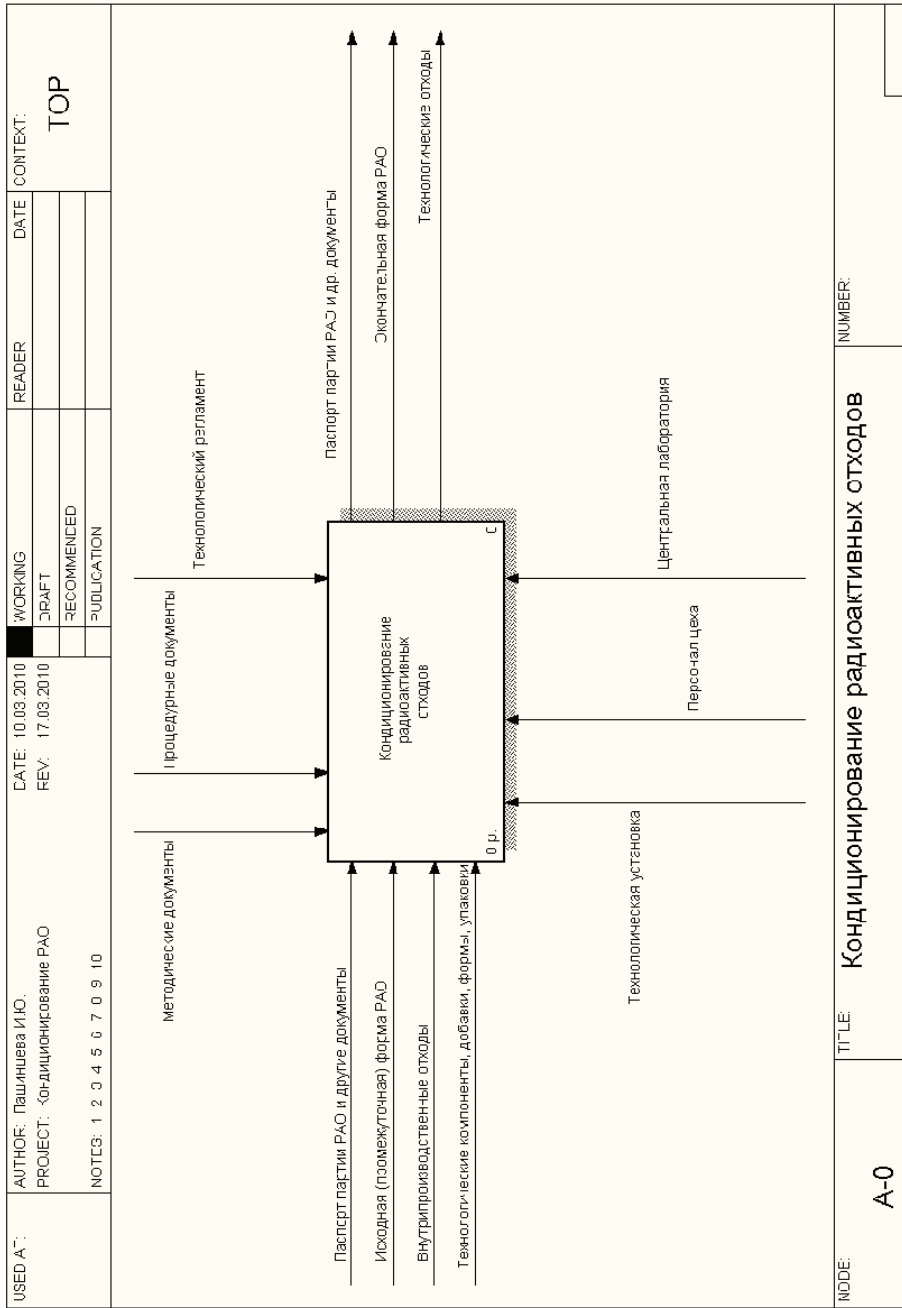


Рис. 2. Обобщенная контекстная диаграмма переработки и кондиционирования РАО

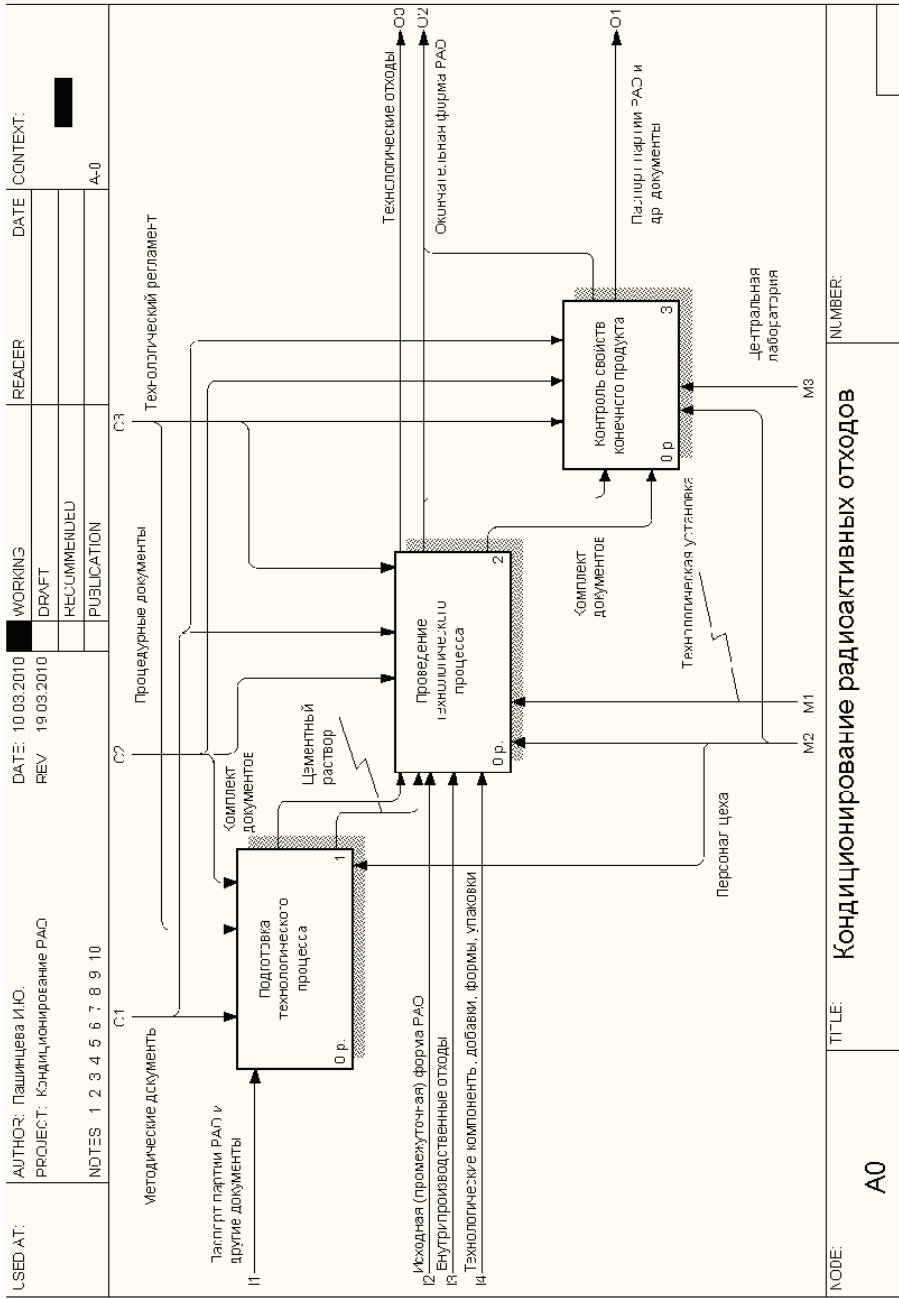


Рис. 3. Уровень A0 декомпозиции процесса кондиционирования

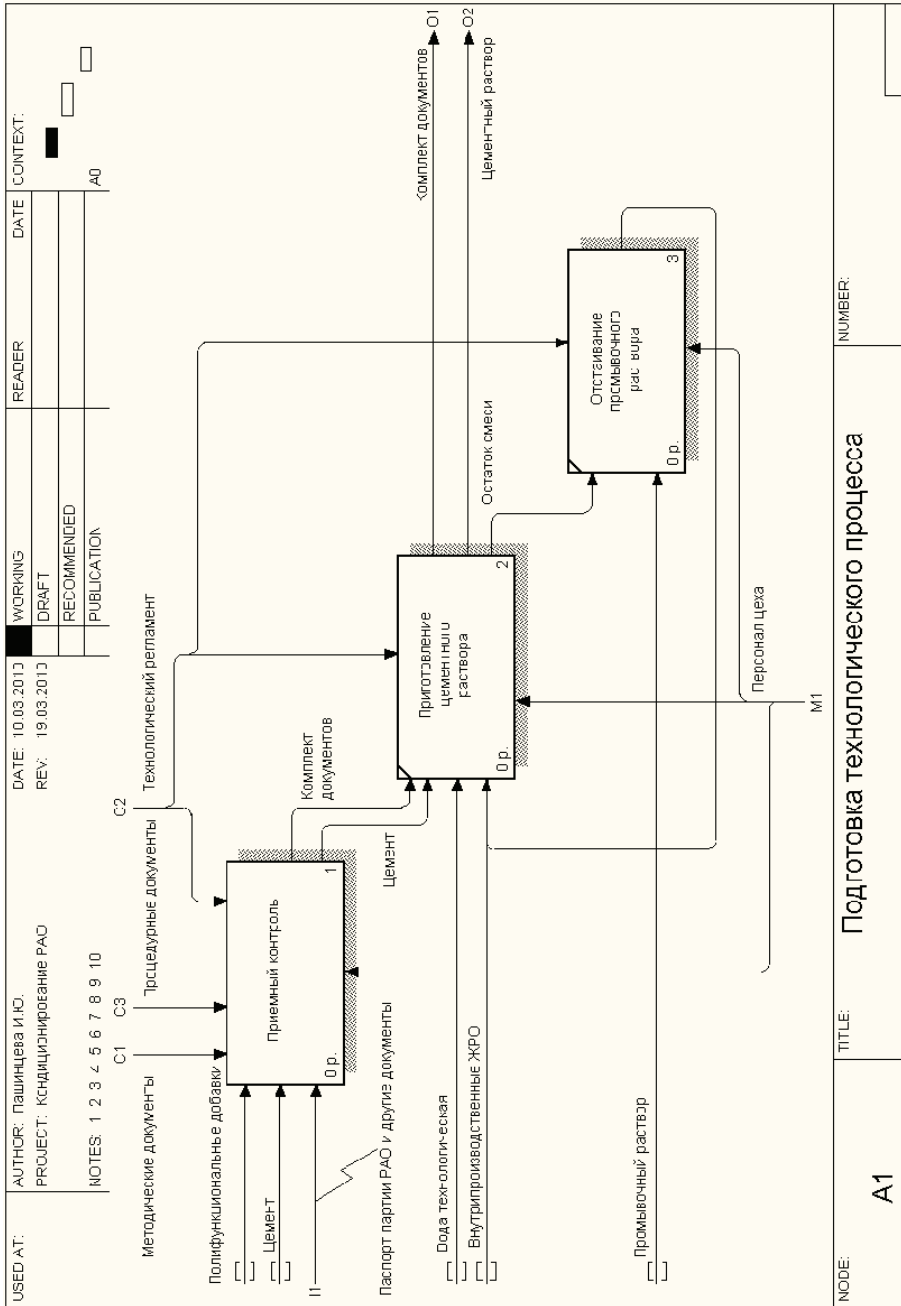


Рис. 4. Уровень А1 декомпозиции процесса цементирования РАО

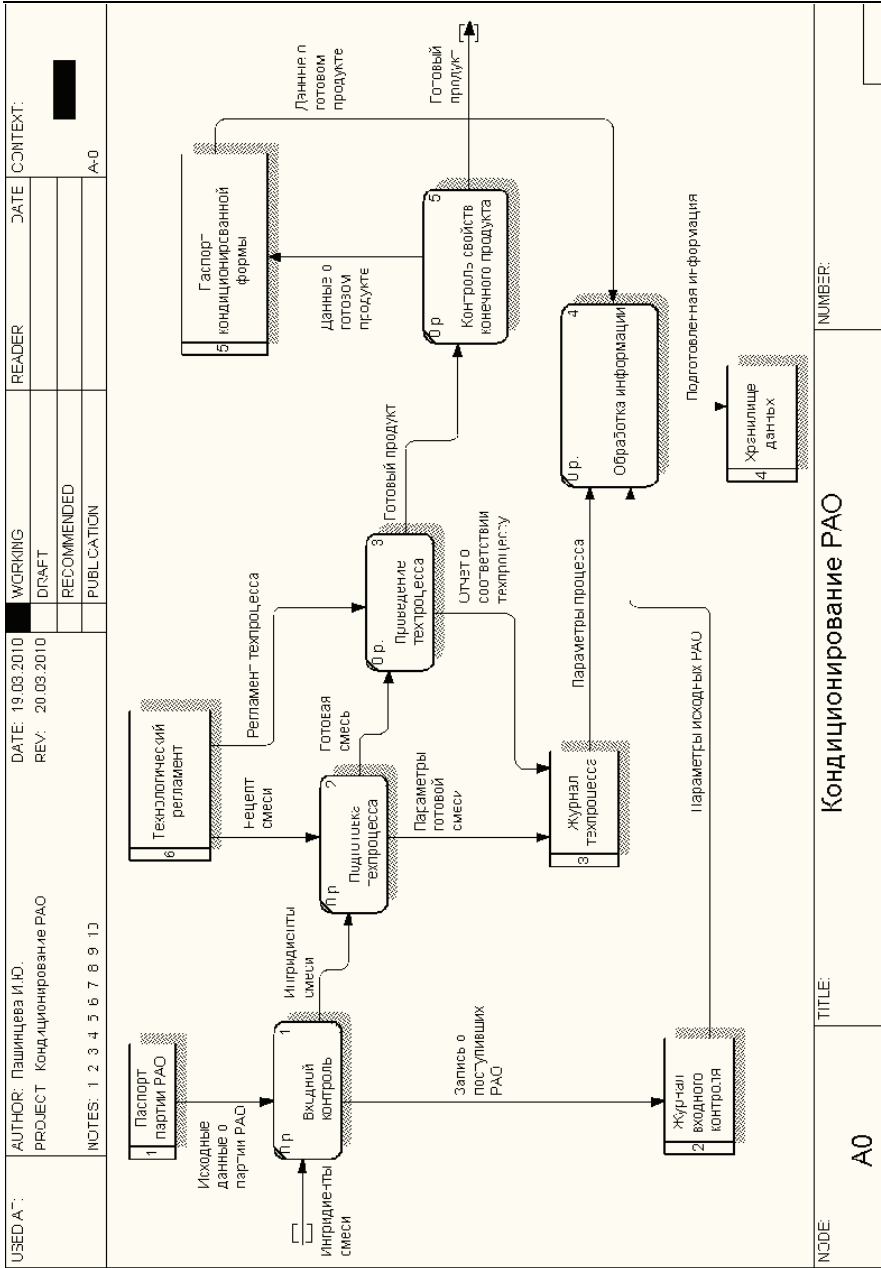


Рис. 5. DFD-диаграмма процесса кондиционирования РАО

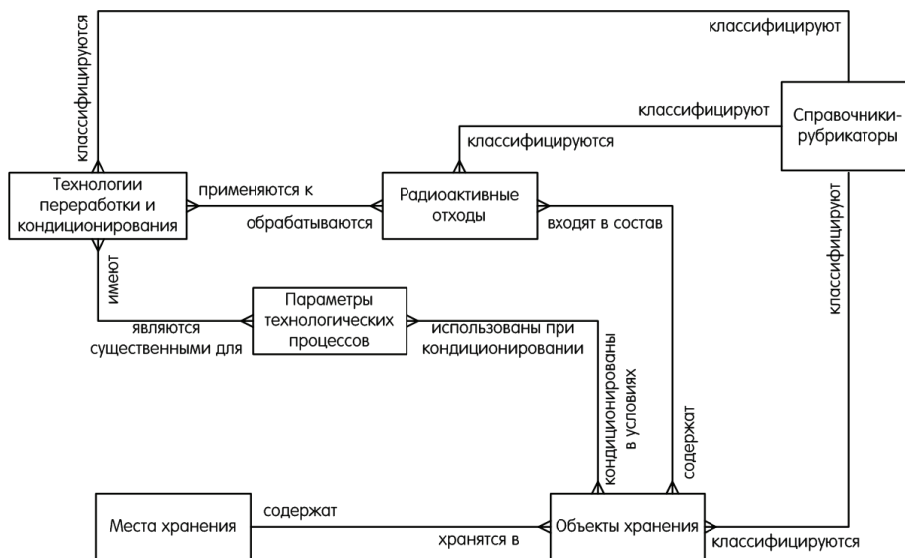


Рис. 6. Семантическая модель хранилища данных

Данная модель содержит в себе всю информационную составляющую процесса кондиционирования РАО. Из приведенного рис. 6 видно, что на каждом этапе процесса проводится анализ текущего состояния системы, а его результаты хранятся как в бумажной форме – в виде паспортов и журналов, так и структурируются для последующего занесения их в хранилище данных.

Для построения хранилища данных была использована методология IDEF1X, в основе которой лежат выявленные в представленных моделях отношения «сущность – связь» и созданные на их основе многомерная и ER-модели данных.

С помощью ER-модели можно выделить ключевые сущности, присутствующие в модели, и обозначить отношения, которые могут устанавливаться между этими сущностями.

На этапе перехода к реализации ER-диаграммы в виде реальной информационной системы происходит отображение ER-модели в более детальную модель данных реляционной базы данных [3].

Многомерная модель [4] позволяет получать и анализировать данные агрегированные по многим измерениям с различными уровнями обобщения.

Для решения прямой и обратной задач поиска данных в хранилище были разработаны методики на языке поиска данных SQL. Методики реализованы на структурировании запросов соответствующему стандарту ANSI SQL-92.

Например, по номеру объекта хранения можно установить значения набора параметров технологий, использованных для его переработки, а по коду набора параметров – получить информацию о номерах других объектов, кондиционированных при тех же условиях, а также определить места их хранения, что послужит основой для принятия управленческих решений по рекондиционированию данных объектов.

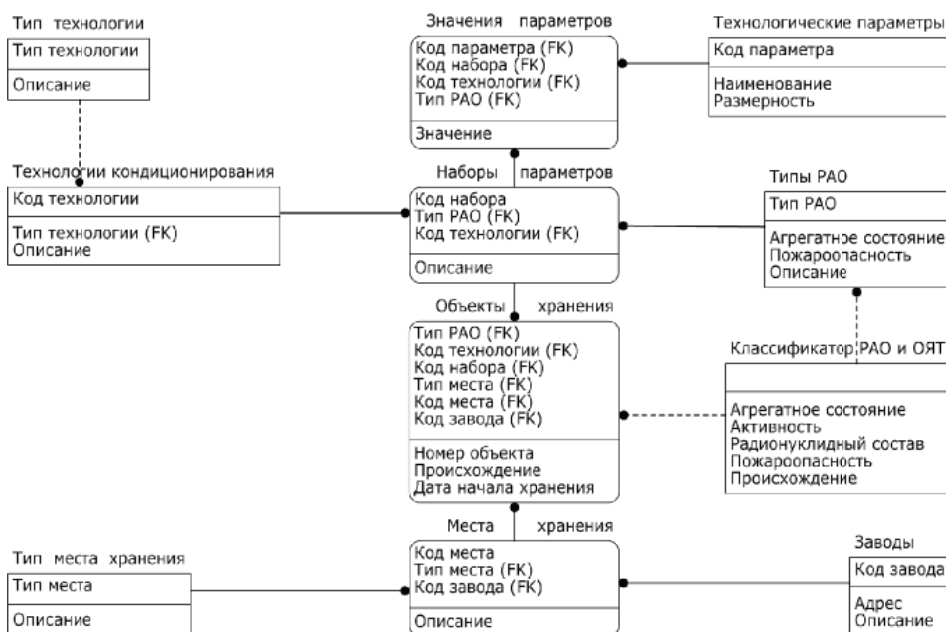


Рис. 7. Многомерная модель данных

Для дальнейшего поиска, анализа, обработки и визуализации данных на основе семантической модели и разработанных справочников-рубрикаторов была создана многомерная модель данных типа «снежинка» (рис. 7). Эта модель включает только связи типа «один-ко-многим».

Диаграмма построена с использованием нотации IDEF1X, являющейся стандартной для проектирования реляционных баз данных. Главной таблицей фактов является таблица объектов долговременного технологического хранения кондиционированных отходов. Остальные таблицы называются измерениями многомерной модели. Справочники-рубрикаторы хранилища показаны прямоугольниками, остальные зависимые сущности – скругленными прямоугольниками (см. рис. 7).

Модель содержит атрибуты всех основных сущностей, а также указание того, какие атрибуты являются внешними ключами к другим отношениям. Представленная модель является слегка денормализованной, так как содержит некоторую избыточную информацию в виде внешних ключей. Такая денормализация вполне допустима для хранилищ данных.

Данная структура позволит получать агрегированные данные с различными уровнями обобщения. Например, по коду объекта можно получить информацию о месте его хранения, а также определить места хранения всех объектов определенного типа или заводы, на которых были кондиционированы отходы данного типа; также по коду объекта можно узнать, при каких технологических условиях он был кондиционирован, а также найти все объекты, которые были кондиционированы при тех же условиях и с использованием тех же материалов.

Таким образом, применение системного анализа является необходимым элементом построения информационной системы для повышения эффективности деятельности предприятия и дает возможность осуществ-

ления логического перехода от сложившихся производственных процессов к математическому аппарату, что позволяет проводить анализ эффективности производства и использовать системы поддержки принятия решений и оптимизацию системы на предприятии, специализирующемся на работе с радиоактивными отходами.

Список литературы

1. Костров, А.В. Системный анализ и принятие решений / А.В. Костров. – Владимир : [б. и.], 1995. – 66 с.
2. Гринберг, А.С. Информационный менеджмент / А.С. Гринберг, И.А. Король. – М. : Юнити, 2003. – 417 с.
3. ER-модель данных // Википедия. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Загл. с экрана.
4. Ладин, Е.Г. Семантическая модель хранилища данных по технологическим характеристикам процессов переработки и кондиционирования радиоактивных отходов низкой и средней активности : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Е.Г. Ладин. – М., 2006. – 20 с.

System Analysis of Radioactive Waste Conditioning Process

K.Yu. Kolybanov, I.Yu. Pashintseva, S.S. Pashintsev

*Moscow State Academy of Fine Chemical Technology
named after M.V. Lomonosov, Moscow*

Key words and phrases: decomposition; functional simulation; multidimensional data model; radioactive waste.

Abstract: This article shows how functional modeling methods can be applied to some processes of preparing radioactive waste for long-term storage. These processes were decomposed within IDEF0 notation. Decomposition made DFD diagram designing available. At the end we pointed the way to further works that are to be associated with data mining.

© К.Ю. Колыбанов, И.Ю. Пашинцева, С.С. Пашинцев, 2010