

Invitation to attend IAEA International Conference on Fast Reactors and Related Fuel
Cycles: Sustainable Clean Energy for the Future,
10-13 May 2021, Beijing

Информационный подход к описанию реактора на быстрых нейтронах
на основе семантики модели FR-KOS МАГАТЭ.

В. Куприянов, А. Купин

Российский Национальный центр ИНИС МАГАТЭ

Реферат

Проанализирован опыт построения информационной модели, реализующей принципы семантического единства системно- теоретического представления знаний о быстрых реакторах (модель FR-KOS IAEA применительно к техническому проекту малого реактора на быстрых нейтронах с жидкометаллическим тепло. Информационный подход к описанию реактора на быстрых нейтронах на основе семантики модели FR-KOS МАГАТЭ.

носителем. Особенностью реализованной модели является попытка согласования систем рубрикации понятий на всем пространстве от идеентификации переноса энергии до конкретных узлов принципиальной схемы экспериментальной установки. Предлагается использовать средства онтологического описания элементов системы. Проанализирован опыт построения информационной модели, реализующей принципы семантического единства системно- теоретического представления знаний о быстрых реакторах (модель FR-KOS IAEA)

1. Введение.

Создание современной ядерно-энергетической установки представляет собой комплексный информационно-насыщенный процесс. Его особенностью является наличие значительного количества материалов и документов, обеспечивающих обоснование безопасности принятых решений, содержащих справочную информацию для всех этапов ее жизненного цикла, методические руководства по поддержанию ее жизнедеятельности и т.п. В последние годы, в практику информационного сопровождения жизненного цикла установки, в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ, входит обобщающее понятие – «управление знаниями жизненного цикла», включающее в себя комплексное описание всех необходимых данных и их организация в виде распределенных, но координированных между собой, подсистем сопровождения каждого этапа [1].

Развитие этого подхода в практике проектирования новых ядерно-энергетических установок нашло решение в попытках создания специализированных информационных систем, в той или иной степени реализующих концепции международного стандарта ИСО 15926 [2,3].

В основе этого подхода стандарт использует принцип размещения в информационных хранилищах всей совокупности информации, необходимой для обеспечения жизненного цикла, организованной посредством методологически единой системы кодификации всех документов и материалов, описывающих физические объекты и системы, входящие в установку. Единство обеспечивается путем создания централизованного реестра описаний каждого объекта системы, структура которого допускает специализацию представлений на каждом этапе жизненного цикла установки (проектировании, строительстве, эксплуатации и т.д.) с одновременным сохранением принципов кодификации хранимых объектов (документов, технических паспортов оборудования, чертежей, мультимедийных средств и т.п.).

В настоящем отчете изложены базовые положения и предложены основные средства информационной среды этапа проектирования установки СВБР-100, учитывающие общие рекомендации современного подхода.

В качестве средств управления хранилищем проектных данных предлагается создание двухуровневой базы данных, содержащей на первом уровне в качестве основных единиц хранения электронные документы различных типов (или ссылки на «бумажные» документы), используемые при проектировании, а на втором – метаописания этих документов, формируемые в момент занесения этого документа в хранилище. В качестве хранилища метаописаний предлагается использовать специализированную Систему управления базами данных (СУБД), хорошо зарекомендовавшую себя в практике реализации различных информационных систем, реализованных исполнителем настоящего договора.

Особенностью архитектуры предлагаемой системы является строгое разделение функций ее администрирования (внесение материалов в хранилище и управление их описанием) и функций, обеспечивающих доступ к ней потенциальных пользователей. Оба канала доступа имеют разграничения по составу допустимых операций, который регулируется средствами авторизации доступа. Оба канала предоставляют удаленный доступ к информационной системе.

В соответствии с требованиями Технического задания система допускает множественную кодификацию объектов хранения, что необходимо в связи с

различной природой хранимых материалов. В частности, документы, содержащие результаты научной интеллектуальной деятельности, кодируются средствами Государственного рубрикатора научно-технической информации (ГРНТИ), а материалы технологического характера предлагается кодифицировать принятой нормативно в Росатоме системой KKS, адаптированной к задачам ядерной энергетики [4].

2. Принципы структуризации предметной области «Реакторы на быстрых нейтронах с жидкометаллическим охлаждением».

В течение 2008 – 2012 гг. секция «Управления ядерными знаниями» МАГАТЭ (НКМ) провела работу по созданию системы сохранения ядерных знаний по быстрым реакторам (БР) –(FR-KOS)[5].

Базовой концепцией системы является разработанная для этих целей таксономия предметной области, т.е. распределение всей совокупности понятий, описывающих область знаний «Быстрые реакторы» на непересекающиеся иерархически соотносящиеся Принципы структуризации предметной области «Реакторы на быстрых нейтронах с жидкометаллическим охлаждением».

группы понятий, которым приписаны согласованные в профессиональной среде термины.

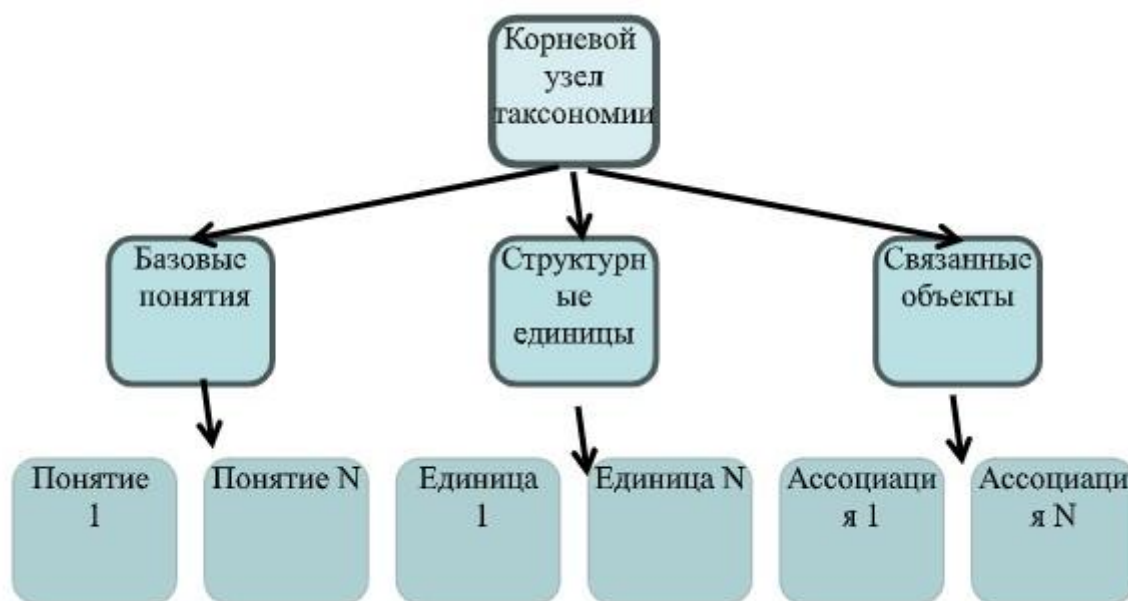


Рис 1 Схематическое изображение иерархической структуризации (Таксономия).

Фиксация содержательных связей между объектами и наполнение их

понятийным смыслом лежит в основе подхода, который в настоящее время называется онтологическим описанием предметной области. В фундаментальной работе, описывающей принципы построения онтологических описаний даны следующие определения .[6]

«Понятия базовых онтологий связаны между собой ассоциативными отношениями, выбор которых осуществляется не только исходя из полноты представления проблемной и предметной областей ИС, но и с учетом удобства навигации по ее информационному пространству и поиска информации. Приведем в качестве примера наиболее важные ассоциативные отношения между понятиями онтологии научной деятельности и онтологии научного знания:

- «научное направление» – связывает события, публикации, организации, исследователей и информационные ресурсы с разделами науки;
- «описывает» – задает связь публикации с научным результатом, объектом или методом исследования;
- «использует» – связывает метод исследования с деятельностью, исследователем или разделом науки;
- «применяется к» – связывает метод исследования с объектом исследования;
- «исследует» – сопоставляет какую-либо деятельность или раздел науки с объектом исследования;
- «результат» – связывает научный результат с деятельностью;
- «ресурс» – связывает информационный ресурс с событиями, публикациями, исследователями, методами и объектами исследования..

Как правило, построение онтологии проблемной области не вызывает особых затруднений. В большинстве случаев в зависимости от назначения информационной системы в качестве онтологии проблемной области используется одна из онтологий верхнего уровня – онтология научной или производственной деятельности, либо их сочетание. При построении онтологии ИС наибольшую трудность вызывает создание онтологии области знаний или предметной онтологии.» (Конец цитаты [6]).

В случае реализации онтологических описаний технологических систем часто возникает необходимость в унификации набора связей. Такая унификация необходима, если требуется не просто описать область знаний, но предполагается также использовать компьютерные средства для автоматизации соотнесения

объектов предметной области с смысловым содержанием связей. Возможный вариант реализации такого подхода – использование стандартного набора связей т.е. использование стандартной модели связей. Такая модель может быть реализована через использование стандарта ГОСТ ГОСТ 7.25-2001 «ТЕЗАУРУС ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЙ ОДНОЯЗЫЧНЫЙ». Для целей настоящей работ была разработана модель, являющаяся подмножеством этого тезауруса, особенностью этой модели является во-первых, введение дополнительных рабочих имен связей, уменьшение их числа, а также введение системного идентификатора связи как объекта информационной системы СВБР-100. Модифицированная таблица связей (модель организации данных) приведена в таблице 1.

Таблица 1

Базовые функции тезауруса информационной системы тезауруса СВБР 100.

Системный идентификатор	Код	Содержание
TES001	BTG	Указание на непосредственный вышестоящий дескриптор в родовидовом отношении
TES002	BTP	Указание на непосредственный вышестоящий дескриптор для связи «часть-целое»
TES003	BTT	Указание на вышестоящий дескриптор в иерархии понятия для связи «потомок-родитель»
TES004	DEF	Свободный текст
TES005	NAM	Метка в системном каталоге
TES006	NTG	Указание на непосредственные нижестоящие дескрипторы в родовидовом отношении
TES007	NTP	Указание на непосредственный нижестоящий дескриптор в для связи «целое-часть»
TES008	NTT	Указание на нижестоящий дескриптор в иерархии понятия для связи «потомок-родитель»
TES009	RKT	Указание на корень родовидового дерева
TES010	ROT	Корневой узел онтологии (Корневой термин понятия)
TES011	RTS	Указание на дескриптор, обозначающий объект,

		находящийся в тесном взаимодействии
TES012	RTT	Указание на дескриптор, обозначающий объект сходный и смежный одновременно
TES013	RTU	Указание на дескрипторы, обозначающие сходное понятие
TES014	UFS	Указание на синонимичный дескриптору аскриптор
TES015	USE	Отсылка от неpreferred термина (аскриптора) к preferred термину (дескриптору)

В таблице не приведен столбец с международными именами связей по ГОСТу, вместо них используются локальные имена (столбец Код).

3. Таксономическое описание функциональных связей установки СВБР-100 с использованием рекомендаций системы KOS-FR [5].

Особенностью работ по проектированию информационной системы СВБР-100 является необходимость разработки архитектуры и инструментальных средств одновременно с проектированием самой системы. В связи с этим, вместо традиционного, рекомендуемого ГОСТ порядка, предполагающего на начальном этапе исследование характеристик объекта информатизации и профилей запросов пользователей, в основу предлагаемой системы положены результаты анализа опыта разработки близкой по содержательной стороне информационной системы описания знаний по быстрым реакторам KOS-FR, реализованной рабочей группой МАГАТЭ в 2009-2011 гг. [7].

Выбор упорядочения содержательной информации в системе определен глубоким анализом, проведенным специалистами различных государств, участвовавших в рабочей группе.

С целью обеспечения совместимости общих принципов кодификации международной информации по быстрым реакторам рекомендованной МАГАТЭ, Российским акционерным обществом энергетики и электрификации "ЕЭС России" [8], а также соглашениями о реализации документооборота, принятых в АКМЕ для проекта СВБР-100 была разработана комплексная схема кодификации объектов проекта.

Схема предполагает следующий подход.

3.1 Объект хранения в информационной системе

Основной единицей хранения в информационной системе является объект, определенный как ДОКУМЕНТ. В данном контексте предполагается, что ДОКУМЕНТОМ может служить любой информационный объект системы, к которому можно обеспечить доступ как к файлу, однозначно идентифицируемому в файловой системе Windows.

Доступ к ДОКУМЕНТУ описывается его МЕТАОПИСАНИЕМ, отдельно хранимом в хранилище файлов. Метаописание содержит набор атрибутов, позволяющих уникально идентифицировать этот файл. Связи между Метаописанием и объектами хранилища файлов устанавливаются кодификатором системы. Состав атрибутов определяется соответствующим техническим заданием [9] (См. Рис.2)

Формирование тематической структуры для построения рубрикаторов и кодификаторов информационной системы СВБР-100 основано на рекомендациях отечественных специалистов по системному анализу, на результатах анализа совокупности материалов, хранящихся в архивах системы ИНИС МАГТЭ, документов Госкорпорации «Росатом» [10] и, собственно системы FR-KOS (таксономии).

В общем случае в задаче тематической структуризации (таксономии) необходимо выделять три базовых понятия:

Классификация

Рубрикация

Кодификация.

Под тематической структуризацией предметной области обычно понимается разбиение совокупности понятий предметной области на непересекающиеся подмножества. Наиболее практичным, особенно для научно-технических задач, является иерархическое разбиение (чаще всего оно и называется таксономическим разбиением). Результатом таксономического разбиения является древовидная структура понятий предметной области (собственно таксономия). В теории графов «деревом» называется «связанный ациклический граф», то есть такой граф, все узлы (понятия) которого связаны друг с другом по определенным правилам и не имеют «циклов» т.е. каждый узел графа имеет только один вход, но может иметь несколько выходов. Схематическое изображение дерева выглядит следующим образом. (рис. 1).

Количество выходов из каждого узла может быть либо одинаковым (сбалансированное дерево), либо – различным. В предлагаемой модели описания структуры установки СВБР-100 используется таксономическая структура, допускающая неодинаковое количество выходов из узла.

Любой граф может быть представлен либо в виде рисунка, либо – средствами формального семантического описания. Очевидно, что графическое описание нужно для восприятия человеком, а для использования в компьютерных системах поддержки применяется формальное описание. Одним из наиболее распространенных способов формального описания дерева является его представление в виде семантического триплета. Для этого каждый узел должен иметь уникальное имя, каждая связь (ребро графа) должна иметь уникальное имя и описание вида связи.

Тематическая классификация устанавливает соответствие между положением каждого узла графа в графе и содержательным именем, обозначающим некоторое понятие в предметной области. Совокупность близких по тематическому содержанию понятий обычно называют рубрикой. Например, при описании схемы энергетической установки используется понятие «теплоноситель». В одну рубрику могут войти различные виды теплоносителей. Описание вида связи фактически определяется целью построения дерева. Одно и то же понятие может быть вовлечено в представление различных понятий. Так «теплоноситель» может быть представлен как «переносчик энергии», в этом случае для описания его места в иерархии должны быть использованы понятия «передатчик энергии» и «приемник энергии». Если необходимо построить таксономию, описывающую материальный состав объекта, то понятие «теплоноситель» будет определяться понятиями «химический состав» и «физико-химические свойства». Если в качестве точки зрения выбрано структурное описание, то теплоноситель может быть рубрицирован как «теплоноситель первого контура». Таким образом, одно и то же слово («набор символов» может в формальном описании быть носителем различных понятий, в зависимости от моделируемой предметной области. Установление соответствия между «именем» и понятием называется картированием предметной области и является содержательной сутью классификации. Формальное именование результат классификации обычно называют кодификацией. (В юридической практике набор символов «кодификация» означает сведение набора правил и документов в единый новый документ – кодекс, и к данному случаю не имеет отношения).

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 7.25-2001 «ТЕЗАУРУС ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЙ ОДНОЯЗЫЧНЫЙ» для целей настоящей работы был отобран вид связей как подмножество из рекомендованных в этом

документе. В общем случае, создание таксономии предметной области относится к разделу информационной деятельности, получившей название «Управления знаниями». В соответствии с практикой рекомендованной в МАГАТЭ для построения систем управления ядерными знаниями (НКМ- системы), для настоящей работы был сформирован следующий набор связей, позволяющий адекватно описать структуру ядерной энергетической установки. Соотнесение классификационных понятий предметной области с формальным семантическим ее описанием в НКМ-системах принято называть их онтологическим описанием. Таким образом, процедура уникального именованя всех объектов ЯЭУ с указанием связей между ними позволяет решить задачу структуризации такого объекта знаний как функциональная схема установки СВБР-100.

Из соображений эргономики и рекомендаций инженерных психологов необходимо на самом раннем этапе анализа выбрать два основных параметра, обеспечивающих структуризацию таксономического описания.

Поскольку функциональный подход, реализуемый как в системе KOS-FR, так и в системе кодирования KKS, предполагает формирование строгой иерархической модели описания функционирования станции (собственно ТАКСОНОМИИ), эти два параметра есть – глубина окончательной детализации (в терминах иерархии как дерева? Это – уровень конечных «листьев», «терминальных узлов») и количество допустимых ветвлений в любом узле отображаемого «дерева», «AR-ность узла».

Для системы KOS-FR эти параметры были выбраны следующим образом. Максимальное количество ветвлений – 9, глубина дальнейшей структуризации – 9 уровней. В общем случае такое ограничение вполне достаточно для идентификации всех объектов АЭС. В то же время, такая структуризация позволяет удержать в голове аналитика, производящего описание, необходимые критерии группировки одноуровневых понятий и объектов.

Девять ветвлений первого уровня, рекомендованные для описания станции с быстрым реактором, представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Ветвления, рекомендованные FR-KOS для описания станции с быстрым реактором

1.	Neutronics	Нейтроника (Нейтронно-физические характеристики)
	Assurance of controlled fission chain reaction under normal operating conditions	Обеспечение ядерной безопасности в штатных режимах управления
	Assurance of protection of components and personnel	Обеспечение радиационной безопасности компонентов и персонала

	against radiation	
	Assurance of subcriticality under required conditions	Обеспечение подкритичности в специфицированных эксплуатационных условия
2.	Thermal hydraulics and thermal physics	Термогидравлика и теплофизика
	Assurance of heat transfer and removal from the core to the tertiary circuit	Обеспечение режимов теплопередачи и отвода тепла от активной зоны контуром охлаждения
	Assurance of required operating conditions of systems and components	Обеспечение штатных эксплуатационных режимов и систем и компонент
3.	Materials	Конструкционные материалы
	Fuel Assurance of fuel serviceability in the fuel elements	Обеспечение эксплуатационных характеристик топлива и контроль состояния тепловыделяющих элементов
	Coolant Assurance of required coolant technology	Обеспечение технологии теплоносителя
	Structural materials Assurance of serviceability of various nuclear power plant elements and components	Обеспечение контроля состояния конструкционных материалов различных элементов и компонент станции
	Absorber Assurance of serviceability of absorber element materials	Обеспечение контроля материалов поглощающих элементов
	Other materials Assurance of serviceability of building structures, auxiliary systems and services	Обеспечение контроля строительных конструкций и обслуживание вспомогательных систем
4.	Safety issues	Вопросы безопасности
	Justification and assurance of safe nuclear power plant operation under abnormal operating conditions, design basis accidents (DBAs) and beyond design basis accidents (BDBAs)	Требования Объект хранения в информационной системе и обеспечение безопасности функционирования станции в условиях нештатных ситуаций, проектных (ПА) авариях (DBA) и запроектных авариях (ЗПА)
	Development and operation of safety systems	Создание и обеспечение функционирование систем безопасности
	Elaboration of criteria and requirements on assurance of FR safety	Разработка критериев и требований к обеспечению безопасности быстрых реакторов
5.	Technological systems and components	Технологические системы и компоненты
	Development and adoption of	Разработка и внедрение базовых концептуальных

	principal conceptual decisions on composition and arrangement of technological systems, components and elements of nuclear power plant with FR	решений о компоновке и оптимизации технологических систем, компонент и элементов станции с быстрым реактором
	Development, design and operation of technological systems and components of nuclear power plant with FR	Разработка, проектирование и эксплуатация технологических систем станции с быстрым реактором
6.	Monitoring and control	Мониторинг и управление
	Assurance of monitoring and control of various parameters and characteristics of nuclear power plant and maintaining these characteristics within required range of values	Обеспечение мониторинга и контроля различных параметров и характеристик станции и поддержание этих характеристик в требуемых границах значений
7.	Ecology	Экология
	Minimization of radiological and other effect on personnel and environment	Минимизация радиологических и других воздействий на персонал и окружающую среду
	Choice of nuclear power plant site, taking into account environmental impact	Выбор площадки для станции с учетом воздействия на окружающую среду
8.	Mathematical modeling	Математическое моделирование
	Adequate modelling of FR elements and systems and processes taking place in these systems	Адекватное моделирование элементов, систем и процессов станции с учетом реализующихся в этих системах процессов
9.	Economic and other aspects	Экономика и другие аспекты
	Comparative economic analysis of operation of nuclear power plants with FR	Сравнительный экономический анализ эксплуатации станции с быстрым реактором
	Preservation of data on FR history — memoirs, photos and newsreel	Сохранение данных об истории быстрых реакторов: воспоминания, фотографии и текущая информация

Правый столбец является формальным переводом текста среднего столбца. В процессе реализации системы СВБР-100 приведенный текст должен быть заменен специальными терминами, отражающими специфику установки СВБР-100, сохранив в то же время преемственность содержательной компоненты, поскольку целесообразно использовать международные документы, в системе

СВБР-100? Хотя это и не является обязательным требованием и должно быть определено целесообразностью.

Формирование конечного, терминального признака позволяет приписать его далее неделимому объекту, в частном случае – документу или метаописанию физического объекта.

Таким образом, в качестве объекта хранения в информационной системе предлагается использовать кодифицированное метаописание понятия или физического объекта, одним из атрибутов которого является указатель на местоположение этого объекта, например, файл в системе хранения или координаты физического объекта на плане установки и т.п.

3.2 Предложения по процедуре формирования кодификаторов

Модель кодификации объектов в системе СВБР-100 может быть построена на основе использования многофункциональной системы кодирования функциональных блоков, предлагаемых таксономией МАГАТЭ для системы быстрых реакторов и совокупности функциональных модулей, описывающих объекты в системе KKS, используемой в проекте установки.

Очень важно также дополнительно кодировать научную часть документального обоснования, присваивая ей также коды системы KKS в соответствии с правилами соответствующего Соглашения о кодировании в системе СВБР-100.

В качестве иллюстрации на рис.2 приведен фрагмент верхнего уровня функциональной кодификации МАГАТЭ, отражающий предлагаемый подход, а в Приложении приведен вариант текстовой схемы описания установки СВБР-100, полученный на ее основе.

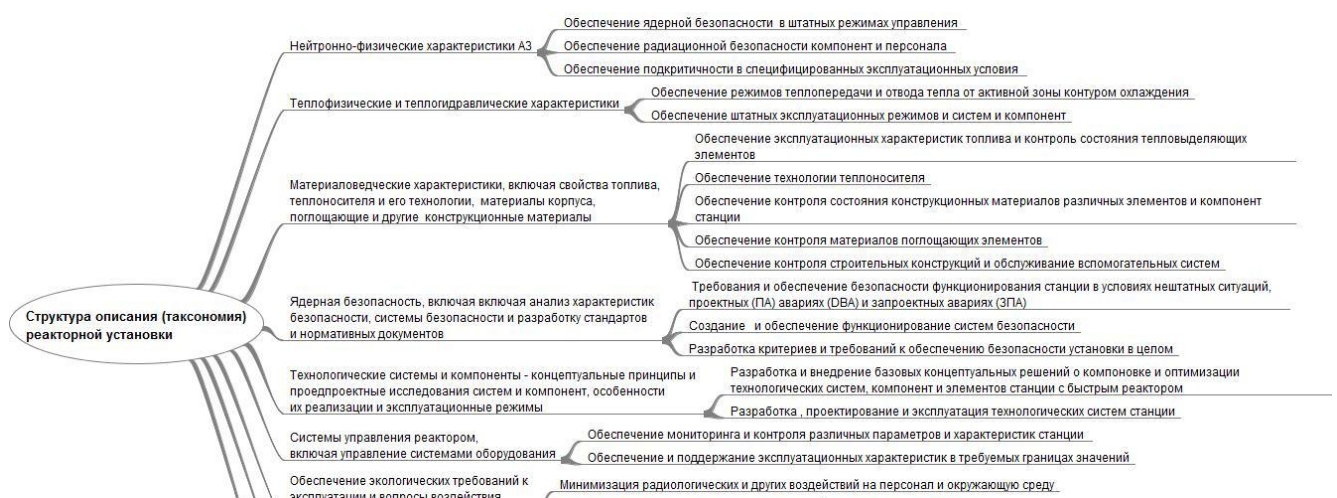


Рис. 2 Таксономия верхнего уровня системы сохранения знаний о БР МАГАТЭ

Приведенные модели ни в коей мере не претендуют на содержательный анализ функциональной модели установки СВБР-100, который должен быть проведен системными аналитиками, владеющими соответствующими знаниями, и неоднократно итерироваться в ходе реализации системы. Цель приведенных здесь предложений – обсудить и зафиксировать механизмы формирования информационной системы, в которой кодификация объектов построена на использовании комбинированной функциональной схемы.

3.3 Основные принципы кодификации объектов установки.

Задача разработки системы кодирования для установки СВБР-100 для информационной системы может быть решена через объединение двух технологических решений- использование принципов функционального описания

общесистемных понятий и использование конкретных способов идентификации реальных объектов установки. В системе предлагается использовать двухуровневый подход: на верхнем уровне – представляются описания концептуальных понятий, находящих свое отражение в документах и конструкторских решениях (методология МАГАТЭ), и - на нижнем уровне - идентификация конкретных физических объектов установки, для чего в соответствии с существующей нормативной базой предполагается использовать систему KKS.

Необходимо отметить, что на практике присутствуют два взгляда на процесс кодирования объектов такой сложной системы как ядерная энергетическая установка.

Первый подход предполагает реализацию идентификации объекта станции (чаще всего имеется в виду «заполнение соответствующей ячейки» в метаописании объекта) путем приписывания совокупности веток иерархической схемы от общего единого корня таксономического дерева до самого нижнего, далее неделимого структурного элемента установки. Реализация такого подхода возможна только при наличии жестко (нормативно) зафиксированной иерархической схемы, движение по которой позволяет эксперту пройти по всей структуре дерева и получить в результате терминальный (конечный) индекс (код) объекта.

Второй подход предполагает приписывание объекту индекса, формируемого на основании изучения свойств кодифицируемого объекта и затем, последовательное приписывание этим свойствам соответствующих кодов ветвей более высокого уровня. Т.е формирование кода «снизу-вверх»

Для информационной системы СВБР-100 предлагается реализовать первый подход.

Для этой цели предлагается объединить функциональное описание, предлагаемое системой KOS-FR верхнего уровня и функциональную компоненту кода KKS, для детальной кодификации объектов установки и соответствующих документов.

3.4 Средства поддержки процесса кодирования

Процедуры построения функциональных связей являются наиболее сложной частью процесса автоматизации описания установки. На этапе

проектирования системы целесообразно воспользоваться готовыми открытыми программными средствами, разработанными для аналогичных целей в другой предметной области. Одним из таких средств – является программный комплекс Смар (разработка Института гуманитарных и компьютерных знаний – Institute for Human and Machine Cognition, США [11]).

Программный комплекс представляет собой сложный графический редактор, позволяющий в интерактивном режиме ввести в систему имя объекта, отобразить его функциональные связи, присвоить им смысловое содержание и, затем сохранить описание в различных форматах, в том числе в обменном формате XML или в виде текстового файла, содержащего описание связей в виде «триплета». Триплетом в системах управления знаниями называют структуру, содержащую имена двух объектов и имя связи, которая им присуща – (См. Рис. 3)



Рис 3. Графическое представление триплета Или, в текстовом виде:

Объект1, Имя связи, Объект2

В рамках такого подхода предполагается, что использование совокупности связей позволяет полностью описать объект. Т.е. если задано Имя_объекта_1, то совокупность триплетов позволяет указать в каждой отдельной строке таблицы триплетов все необходимые связи: объект, уточняющий его, объект, входящий в его состав как часть, объекты- ассоциации и т.п. Анализ этих связей специальной

программой (например, Системой управления знаниями) позволяет полностью восстановить онтологическое описание всех объектов, представленных в триплетах.

На практике, при описании реальной среды в качестве объектов будут выступать имена соответствующих понятий, оборудования и т.п., среди объектов должно быть также метаописание реального документа и ссылки на файлы, содержащие представления сущности объекта (например, схема, рисунок, текст и т.п.).

В качестве примера реализации описания структуры установки с использованием средств Стар было сформировано описание фрагмента функционального представления связей объектов установки СВБР-100 на основании ряда описательных материалов.

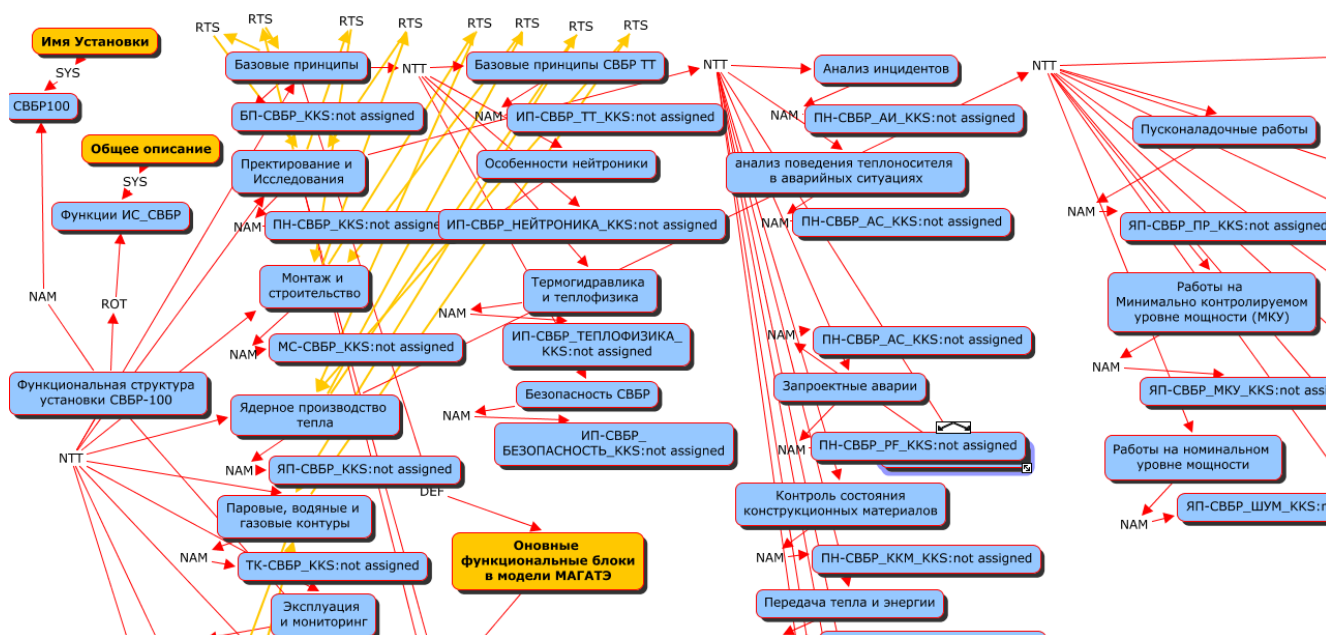


Рис. 4 Графическое представление связей объектов системы СВБР-100 (фрагмент) (редактор Стар).

При создании связей, изображенных на Рис. 4 использована модель данных тезауруса, приведенного в табл. 1

ROT – Указание на корневое понятие (Объект),

NAM имя объекта (полный системный код, конечным элементом которого является код KKS,

NTT, NTP –связи, отражающие уточнение для понятий или входимость одного физического объекта в состав другого,

RTS – связи похожих между собой объектов одного уровня

SYS - системный идентификационный код.

DEF – Определение понятия в текстовой форме

В таблице 2 приведен фрагмент листинга этой структуры, полученного автоматической трансляцией из графической формы в триpletную.

Таблица 2

Имя Установки	SYS	СВБР100
Базовые принципы СВБР ТТ	NAM	ИП-СВБР_ТТ
Базовые принципы	NAM	БП-СВБР
Базовые принципы	DEF	Оновные функциональные блоки в модели МАГАТЭ
Оновные функциональные блоки в модели МАГАТЭ	SYS	SYS0001_Основные блоки
Базовые принципы	NTT	Безопасность СВБР
Безопасность СВБР	NAM	ИП-СВБР_БЕЗОПАСНОСТЬ
Базовые принципы	NTT	Базовые принципы СВБР ТТ
Базовые принципы	NTT	ИП-СВБР_НЕЙТРОНИКА
Базовые принципы	NTT	Термогидравлика и теплофизика
Термогидравлика и теплофизика	NAM	ИП-СВБР_ТЕПЛОФИЗИКА
Базовые принципы	NTT	Особенности нейтроники

Имя Установки	SYS	СВБР100
Особенности нейтроники	NAM	ИП-СВБР_НЕЙТРОНИКА
Базовые принципы	RTS	Проектирование и Исследования
Проектирование и Исследования	NTT	Физика реактора
Физика реактора	NAM	ПН-СВБР_ФР
Проектирование и Исследования	NTT	Запроектные аварии
Запроектные аварии	NAM	ПН-СВБР_РФ
Проектирование и Исследования	NTT	Топливо и материалы
Топливо и материалы	NAM	ПН-СВБР_ТМ
Проектирование и Исследования	NTT	Анализ на сейсмоку
Анализ на сейсмоку	NAM	ПН-СВБР_АС
Проектирование и Исследования	NTT	анализ поведения теплоносителя в аварийных ситуациях
анализ поведения теплоносителя в аварийных ситуациях	NAM	ПН-СВБР_АС
Проектирование и Исследования	NTT	Передача тепла и энергии
Передача тепла и энергии	NAM	ПН-СВБР_ПТЭ
Проектирование и Исследования	NTT	Радиационная защита
Радиационная защита	NAM	ПН-СВБР
Проектирование и Исследования	NTT	Анализ инцидентов
Анализ инцидентов	NAM	ПН-СВБР_АИ
Проектирование и Исследования	NTT	Контроль состояния конструкционных материалов
Контроль состояния конструкционных материалов	NAM	ПН-СВБР_ККМ
Проектирование и Исследования	NTT	Течи трубопроводов
Течи трубопроводов	NAM	ПН-СВБР_ТТР
Проектирование и Исследования	NAM	ПН-СВБР
Проектирование и Исследования	DEF	Результаты исследовательской деятельности в обоснование свинцово-висмутowego теплоносителя

Таким образом, использование предлагаемого подхода, благодаря применению эффективных открытых программных средств, позволяет эксперту-технологу простыми средствами отобразить структуру установки, представить ее в виде удобном для анализа, а затем, согласованный файл передать в реальную информационную системы в простом текстовом обменном формате (триплеты).

Для поддержки окончательного анализа в структуре рабочей группы экспертов, которая должна будет утвердить фактические имена объектов системы и подтвердить достоверность результатов кодификации, могут быть разработаны специальные интерактивные средства, позволяющие отобразить анализируемые связи и их именование.

В качестве макета таких средств в рамках настоящей работы предложена программа «Анализ связей» (См. рис. 5 и 6).

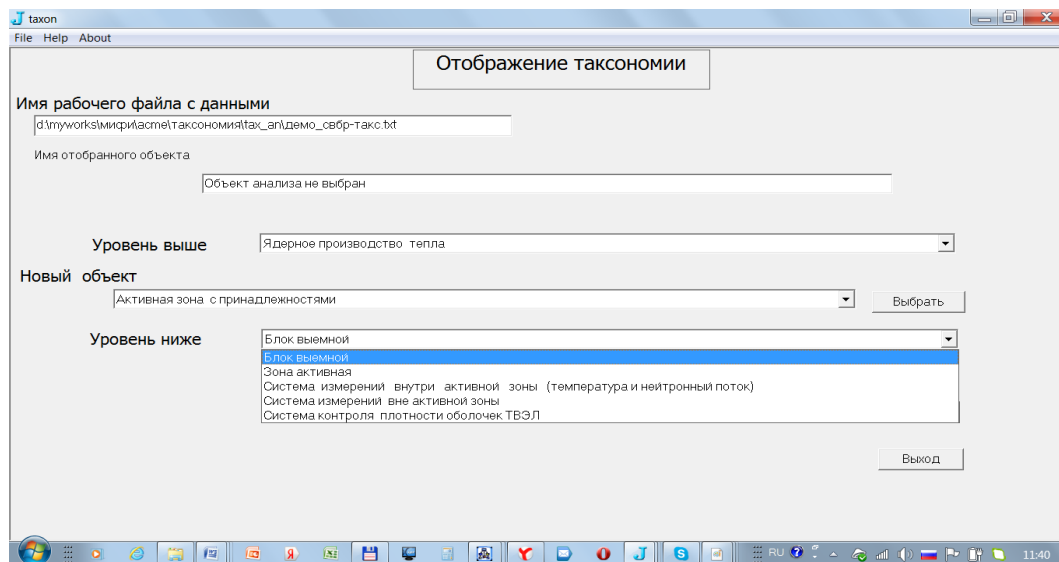


Рис 5. Диалоговое окно программы поддержки анализа связей (открытая разработка НИЯУ МИФИ)

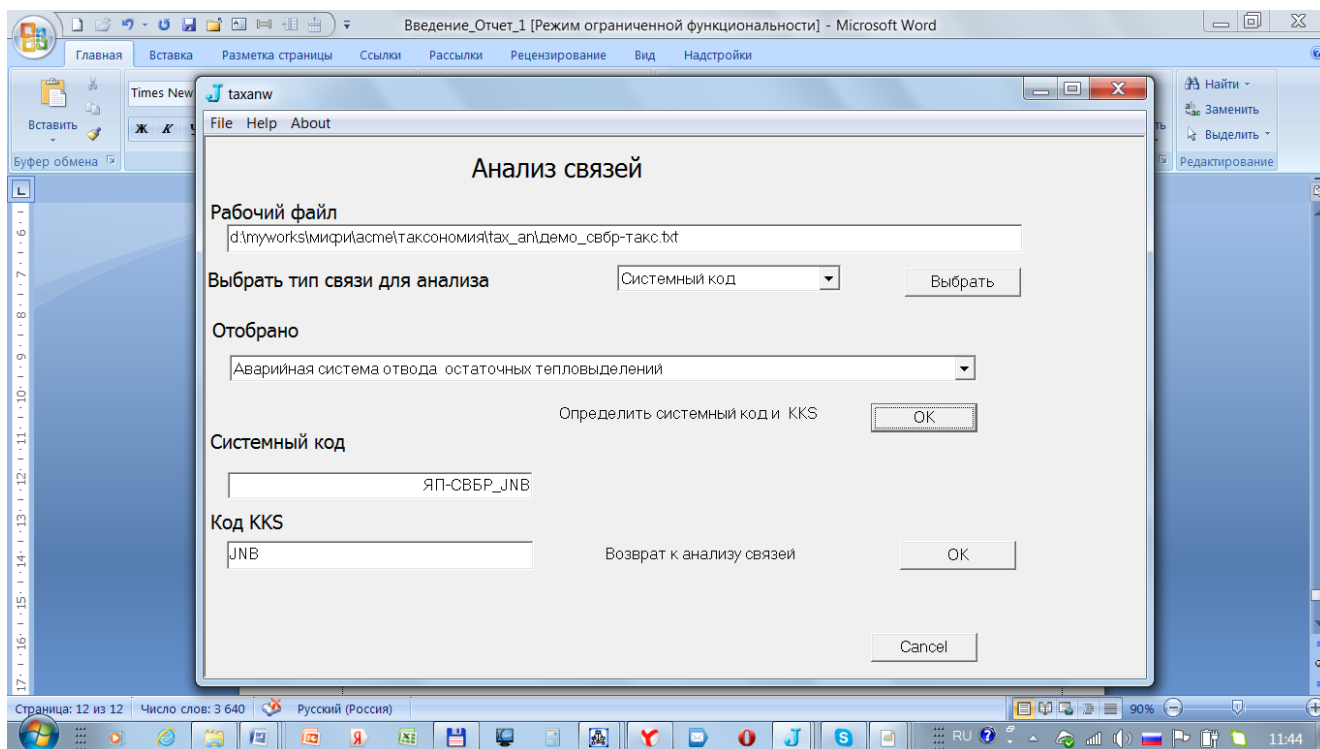


Рис. 6 Диалоговое окно программы поддержки анализа кодировки, включая код KKS – демонстрационный пример (открытая разработка НИЯУ МИФИ).

4 Заключение

Подход, предлагаемый в настоящей работе позволяет решить следующие задачи.

1. Использовать для описания связей при построении таксономии реальной установки российский ГОСТ «ГОСТ 7.25-2001 «ТЕЗАУРУС ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЙ ОДНОЯЗЫЧНЫЙ»
2. Предоставить эксперту – технологу открытый и легкоосваиваемый инструментарий для построения онтологий (описания таксономий) реальной физической установки с использованием как общесистемных понятий, и их уточнений, так и описаний структурных связей типа «часть-целое» и поддерживать процесс формирования кодов для метаописания объектов технологической схемы средствами открытой международной системы описания знаний Стар.

3. Предложенная двухуровневая таксономия позволяет в рамках единого подхода уникально идентифицировать метаописание каждого объекта по его функциям и месту в структуре установки. Необходимо отметить, что такой подход допускает формирование множественных кодифицирующих признаков, благодаря тому, что на один физический объект можно построить необходимое количество метаописаний, отражающих точку зрения формируемого запроса. Это позволяет отразить в информационной системе как функциональную принадлежность объекта, так и его структурные характеристики. Т.е. при поиске возможно построить запрос к объекту как к носителю функции, например, «Элемент системы расхолаживания», так и как к физическому объекту «Бак №2 в реакторном здании».
4. Использование триплетного представления знаний позволяет простыми средствами обеспечить обмен информацией между подсистемами, в том числе системами автоматизированного проектирования, поскольку информация представляется в простом текстовом виде, не требующем знания внутренних форматов файлов коммерческих ERP- систем.

Список литературы

1

Nuclear Power Plant Design Characteristics. Structure of Nuclear Power Plant Design Characteristics in the IAEA Power Reactor Information System (PRIS), IAEA-TECDOC-1544, 2007.

² ГОСТ Р ИСО-15926-1, 2008, Интеграция данных жизненного цикла перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые предприятия. Часть 1, Обзор и основополагающие принципы.

³ Приказ Росатома от 26.12.2008 № 710.

⁴ Приказ МАЭ РФ от 24.04.97 № 273

⁵ fast reactor knowledge preservation system:taxonomy and basic requirements, iaea nuclear energy series no. Ng-t-6.3 internationalatomicenergyagencyvienna, 2008

-
- ⁶ разработка моделей и методов построения информационных систем, основанных на формальных, логических и лингвистических подходах, Годовой отчет по гранту РАН 14/9, д.ф.-м.н. А.Г. Марчук, Новосибирск 2008
- ⁷ Fast Reactor Knowledge Preservation System: Taxonomy and Basic Requirements, IAEA Nuclear Energy Series, No. NG-T-6.3, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 2008
- ⁸ Рекомендации по применению современной универсальной системы кодирования оборудования и АСУТП ТЭС. Основные положения рд 153-34.1-35.144-2002
- ⁹ ГОСТ 7.1-84. СИБИД. Библиографическое описание документа общие требования и правила составления [Текст]. - Введ. 1984-31-03. - М.: Госстандарт СССР, 1986.
- ¹⁰ Приказ ГК «РОСАТОМ» от 26.12.2008 №710 «О подготовке к внедрению в организациях Госкорпорации «Росатом» международных стандартов ISO/IEC 15288:2008 и ISO 15926»
- ¹¹ <http://emap.ihmc.us>

