

Интеллектуальная система проектирования автоматизированных систем управления трубопроводным транспортом

А. А. ЕРШОВ, младший научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем, Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН



Интеллектуальная система проектирования (ИСП), функционирующая на основе базы знаний, позволит повысить эффективность проектирования автоматизированных систем управления трубопроводным транспортом, уменьшив интеллектуальные, временные и, следовательно, финансовые затраты.

Современный трубопроводный транспорт (ТТ) имеет тенденцию к постоянному развитию и усложнению технических средств. Кроме того, повсеместно повышаются требования к безопасности и эффективности технологических процессов ТТ. Соответственно, в центре внимания специалистов — повышение уровня и качества автоматизации сложных систем ТТ, таких как перекачивающие и компрессорные станции, резервуары, распределительные пункты, системы мониторинга и т. д. Постоянно растет актуальность проблемы автоматизации управления.

На разработку и внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) затрачиваются огромные интеллектуальные и временные ресурсы. В такой ситуации назревает необходимость оптимизации существующих методов разработки АСУ, что позволило бы повысить общую эффективность работы инженеринговых компаний и качество разрабатываемых АСУ ТТ (путем уменьшения вероятности ошибок и неточностей в документации), снизить интеллектуальные и временные, а следовательно, огромные финансовые затраты на разработку.

Один из путей решения проблемы эффективной организации процессов разработки АСУ ТТ — это создание интеллектуальной системы проектирования (ИСП), которая бы функционировала на основе ядра базы знаний (БЗ). Данная система должна позволить автоматически, на основе формализованного технического задания, создавать принци-

пиальные схемы к проекту АСУ ТТ. Проектировщик, использующий такую систему, сможет работать при гораздо более высоком уровне автоматизации проектирования, чем уровень современных систем автоматизированного проектирования (САПР), что повысит скорость разработки и качество выпускаемой документации, а также уменьшит общие затраты на ее создание.

Основное отличие данной системы от традиционных САПР, функционирующих на основе баз данных (БД), заключается в интеллектуализации модульного проектирования, включающего в себя, в числе прочего, возможность самообучения системы и ее работы с базой знаний на семантическом уровне. Под самообучением в данном случае понимается сохранение опыта разработки АСУ ТТ и, на основе результатов, автоматическая корректировка и дополнение данных базы знаний (БЗ). Инженер-проектировщик, использующий такую систему, сможет доверить ей проектирование той части АСУ ТТ, техническое задание которой поддается формализации. А принципы построения современных АСУ на основе программируемых логических контроллеров вполне ей поддаются [1].

Более того, техническое задание на АСУ ТТ, как правило, имеет конкретные параметры, что делает возможным разработку реальной БЗ и широкое внедрение и использование интеллектуальной системы проектирования автоматизированных систем управления трубопроводным транспортом (ИСП

АСУ ТТ). К тому же многие разработчики технических средств автоматизации (элементной базы) будут заинтересованы в регулярном обновлении БЗ для того, чтобы именно их продукт использовали инженеринговые компании при разработке и производстве АСУ.

Существуют различные программные продукты, решающие те или иные задачи автоматизации проектирования — такие как автоматизация создания различных отчетов проектной документации, автоматизация разработки конструктивной части системы (разводка печатной платы или компоновка электрошкафа) и т. п. При этом нет такой ИСП, которая позволяла бы решить задачу интеллектуализации создания принципиальных схем АСУ (автоматической генерации схем на основе формализованного задания с учетом автоматически сохраняемого опыта предыдущей работы системы). Таким образом, разработку ИСП АСУ ТТ следует признать актуальной научной задачей. Отметим, что на сегодняшний день она является таковой и для многих производителей САПР.

Структура ИСП АСУ ТТ

При создании интеллектуальной системы проектирования является целесообразным взять за базовый продукт существующую САПР, используя ее интерфейс и наработанные проектировщиками базы данных, а затем дополнить ее интеллектуальными возможностями.

Рассмотрим структуру ИСП АСУ ТТ (рис.).

ИСП АСУ ТТ состоит из двух основных частей: «решателя» и базы знаний. Отметим, что понятие «решатель» в предметной области искусственного интеллекта достаточно условно и некоторые источники (например, [2]) определяют его просто как машину вывода (в нашем слу-

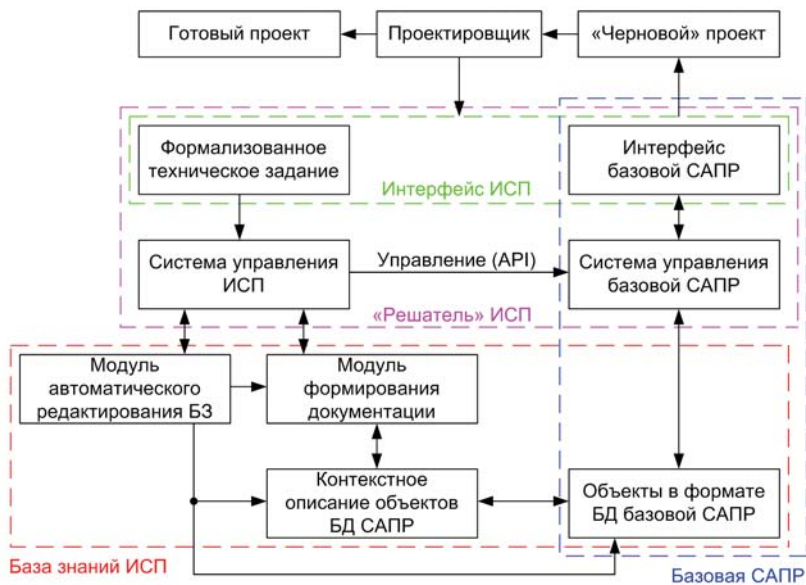


Рис. Структура ИСП АСУ ТТ

чае функции машины вывода выполняет система управления ИСП) и не включают в него функции интерфейса.

«Решатель» ИСП АСУ ТТ

В представленной структуре к «решателю», кроме машины вывода, отнесены интерфейсная часть, интегрированная в ИСП АСУ ТТ система управления базовой САПР, а также функционал, реализующий взаимодействие между системой управления ИСП и системой управления базовой САПР. По сути, «решатель» здесь — это оболочка базы знаний, обеспечивающая ее эффективное использование, и выделение из него интерфейса или других составляющих как особых структурных элементов, не внесет принципиальных изменений в структуру ИСП АСУ ТТ.

Интерфейс ИСП представляет собой интерфейс базовой САПР с интегрированным модулем формализованного технического задания на проектируемую часть АСУ ТТ. Формализованное техническое задание должно быть представлено в виде заполняемой страницы, где указываются основные параметры АСУ: количество и тип каналов контроля и управления, используемые протоколы, тип электрического питания системы, общие технические условия, предпочтения в элементной базе, ценовой категории и т.п. Кроме того, представление формализованного технического задания (описание структуры и параметров проектируемой АСУ ТТ) возможно в графическом виде — это существенно упростило бы задание параметров, в особенности если в качестве формализованного технического задания использовать уже разработанные структурные схемы и схемы автоматизации.

Структурные элементы базы знаний ИСП АСУ ТТ

Ключевым элементом любой интеллектуальной системы является база знаний [3], в которой концентрируется вся необходимая информация, поэтому эффективное применение ИСП АСУ ТТ без наличия БЗ, релевантной решаемым задачам и способствующей сохранению накопленного опыта, не представляется возможным. Кроме того, следует отметить, что способ представления знаний может сам по себе служить источником эффективности интеллектуальных систем, т.е. правильный выбор модели представления знаний для каждой конкретной предметной области позволит сократить или устранить поиск верной стратегии решения. Иначе говоря, для каждой предметной области должна быть своя эффективная модель представления знаний [4].

Рассмотрим структуру базы знаний в составе ИСП АСУ ТТ (рис.). База знаний здесь построена на основе базы данных базовой САПР и имеет четыре структурных элемента.

- Элемент «объекты в формате БД базовой САПР» содержит одну или несколько баз данных базовой САПР, использовавшейся для разработки АСУ ТТ. Если в процессе использования проектировщиками базовой САПР систематизированная база данных не была наработана, то разработчикам базы знаний необходимо будет сделать это самим. В любом случае, создание БЗ предполагает предварительную работу с БД. Элемент «объекты в формате БД базовой САПР» должен в себя включать, во-первых, описание изделий, использующихся в проектировании (однозначный идентификационный номер и название, графические данные для чертежа, данные для создания отчетов и т.д.), во-вторых, функционально-систематизированные макросы (шаблоны) окон и/или страниц прошлых проектов.

- Элемент «контекстное описание объектов БД САПР» тесно связан с предыдущим элементом и содержит так называемые контексты объектов базы данных САПР. Контекстное описание представляется в виде фреймов и содержит основные функциональные данные, определяющие выбор изделия или макроса при разработке АСУ ТТ, а также ссылку на оригинальный объект из БД САПР. Связка элементов «объекты в формате БД базовой САПР» — «контекстное описание объектов БД САПР» представляет собой реализацию метода представления знаний «интеллектуальное зеркало» [5]. Таким образом, контекстное описание должно в себя включать два вида контекстов: контекст

Таблица 1. Фрагмент БЗ ИСП АСУ ТТ — фреймовые структуры

Фреймовая структура «автомат»		Фреймовая структура «блок питания»	
Имя	стр01	Имя	стр02
Род	стр01-0	Род	стр02-0
U _{вх.}	x.y	Тип	И/Т
U _{вх. тип}	DC/AC: (1/2/3 x.y)	U _{вх.}	x.y
Число полисов	1/2/3/4	U _{вх. тип}	DC/AC: (1/2/3 x.y)
I _{ном.}	x	P _{вх.}	x
Характеристика	A/B/C/D/K	U _{вых.}	x.y
I _{ком.}	x	U _{вых. тип}	DC/AC: (1/2/3 x.y)
Тип монтажа	нет/din: x	P _{вых.}	x
Ширина	x	Точность вых.	x
Высота	x	Парал. вкл.	нет/да: x
Глубина	x	Пусковой ток	x
Масса	x	Тип монтажа	нет/din: x
Температура работы	x.y	Ширина	x
IP	xу	Высота	x
Ссылка	>>A.BBB	Глубина	x
		Масса	x
		Температура работы	x.y
		IP	xу
		Ссылка	>>A.BBB

ты для объектов-изделий — наименьших элементов «интеллектуального конструктора» и контексты для объектов-групп изделий.

При формировании объектов необходимо выделить набор фреймовых структур, которые станут родительскими и инициализируют возможные типы изделий и макросов. Каждая фреймовая структура инициализирует определенный класс изделия, а также набор и тип параметров для изделий своего класса, которые будут использоваться ИСП при создании проекта. При внесении в базу знаний параметров конкретного изделия уже инициализированного класса ИСП АСУ ТТ может предлагать на выбор варианты и контролировать корректность вносимой информации. Продемонстрируем две простые фреймовые структуры для объектов-изделий (табл.).

В таблице описаны фреймовые структуры «автомат» и «блок питания». Для любого из них должны задаваться имя, род, размеры, масса, тип монтажа, условия эксплуатации (температура и т. п.), параметры защищенности корпуса, стоимость. Производитель и заказной номер изделия также задаются для любого изделия, информация о них содержится в его имени. Кроме того, каждый фрейм-экземпляр должен содержать в себе ссылку на неинтеллектуальную часть базы знаний (базу данных базовой САПР).

Естественно, фреймы включают в себя и специфические параметры изделий, на основе которых, по преимуществу, и производится выбор изделия. В таблице приведена инициализация таких параметров, как число полюсов, характеристика, параметры входного напряжения, параметры выходного напряжения и т. д. Параметры могут быть разного типа: числового (вещественный, целочисленный и т. д.), дискретного, символьного или более сложных, а также смешанного типа (например, параметр блока питания «парал. вкл.» — «нет» или «да», но если «да», то с уточнением максимального числа параллельно включаемых блоков питания).

● Элемент «модуль формирования документации» определяет правила выбора объектов из элемента «объекты в формате БД базовой САПР» для проекта АСУ ТТ на основе данных формализованного технического задания и знаний, представленных в элементе «контекстное описание объектов БД САПР». Кроме того, данный модуль отвечает за корректное использование объектов и должным образом координирует их в проекте АСУ ТТ. Таким образом, элемент «модуль формирования документации» имеет продукционную структуру и содержит знания, определяющие состав проекта и его структуру (состав документов, порядок, оформление и наполнение проекта и т. п.). Покажем, как он должен быть построен, на примере его фрагмента:

```

...
Структура проекта:
...
Если проект по СПДС, то состав проекта: А, В, С...;
Если проект по ЕСКД, то состав проекта: D, E, F...;
...
Оформление страниц документа:
...
Если документ D:
{и это первая страница документа, то формат и рамка A4-1-big,
иначе, — формат и рамка A4-1-small};
...
Наполнение проекта:
...
Если число контролируемых аналоговых каналов типа 1 — x,
то из группы макросов типа «AI1» выбрать AI-x или AI-(x+1);
...

```

● Элемент «модуль автоматического редактирования БЗ» содержит знания, необходимые для анализа соответствия полученного результата интеллектуального проектирования формализованному техническому заданию, а также для выявления действий, которые осуществлены проектировщиком, чтобы проект полностью соответствовал заданию. Таким образом, посредством подобного анализа оценивается необхо-

димость изменения или дополнения базы знаний ИСП АСУ ТТ. Знания элемента могут быть представлены в виде продукции. Отметим, что, несмотря на возможность использования элемента для прямого автоматического редактирования, целесообразнее организовать работу таким образом, чтобы редактирование осуществлялось под контролем администраторов БЗ и экспертов предметной области знаний проектирования АСУ ТТ. Покажем в качестве примера фрагмент элемента:

```

...
Если часть проекта, где использован макрос x1, исправлена проектировщиком:
{и контекст макроса x1 абсолютно соответствовал результирующей группе
параметров X тех. задания, то макрос x1 подлежит редактированию или «вариативности»,
иначе — добавить в базу новый макрос xN с соответствующим результирующей
группе параметров X тех. задания контекстом},
иначе:
{изменения не нужны};
...

```

Принцип работы ИСП АСУ ТТ

Проектировщик-пользователь ИСП АСУ ТТ работает с интерфейсом интеллектуальной системы проектирования (рис.), где задает параметры проектируемого фрагмента АСУ ТТ, используя функционал для задания формализованного технического задания. После этого заданные параметры обрабатываются системой управления ИСП, и на основе реализованных алгоритмов взаимодействия с базой знаний, имеющихся данных в базе данных базовой САПР и их контекстного описания в интеллектуальной части базы знаний формируется предварительный (черновой) проект фрагмента АСУ ТТ. Отметим, что для представления сформированного проекта используется интерфейс базовой САПР, который является частью общего интерфейса ИСП, а для реализации этого процесса система управления ИСП взаимодействует с системой управления базовой САПР посредством API-функций (англ. application programming interface — интерфейс прикладного программирования, иногда — интерфейс программирования приложений).

В результате, после того как проектировщик-пользователь ИСП АСУ ТТ задает параметры проектируемого фрагмента АСУ ТТ и запустит процесс формирования чернового проекта, он получит в базовом интерфейсе САПР предварительный проект и сможет с ним работать, а именно — просмотреть проект и оценить корректность работы ИСП, при необходимости исправить его или дополнить, а затем сохранить.

После сохранения проекта данные об изменениях поступают в систему управления ИСП и на основе алгоритма, реализованного в модуле автоматического редактирования БЗ, происходит редактирование или дополнение БЗ ИСП АСУ ТТ. Как отмечалось выше, любые изменения БЗ, инициированные автоматически, следует производить под контролем группы экспертов предметной области и администраторов БЗ. То есть, по крайней мере в процессе отладки алгоритмов работы ИСП АСУ ТТ, информация о возможных изменениях в БЗ должна приходиться к экспертам и администраторам в качестве запросов типа «да»/«нет».

ЛИТЕРАТУРА

1. Искандеров Ю. М., Ершов А. А. Интеллектуализация проектирования систем автоматизированного управления трубопроводного транспорта // Труды Всеросс. науч.-практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы». — М.: МИИТ, 2008. — С. 51–53.
2. Аверкин А. Н., Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. — М.: Радио и связь, 1992.
3. Ершов А. А. Анализ проблемы создания базы знаний как ядра интеллектуальной системы для организации процессов мультимедиа-перевозок // Труды Всеросс. науч.-практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы». — М.: МИИТ, 2007. — С. 29–30.
4. Искандеров Ю. М. Создание баз знаний интеллектуальных систем. — МО РФ, 2003.
5. Ершов А. А. Метод «интеллектуальное зеркало» для использования данных базовой САПР при создании базы знаний интеллектуальной системы проектирования АСУ ТТ // Тезисы докл. X Междунар. конф. «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM — 2010)». — Институт проблем управления РАН. — 2010. — С. 27.