

## ИНТЕГРАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ САПР И SCADA В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АСУТП

Д.А. Чуланов (ООО «ТеконАвтоматика»)

*Рассматриваются способы организации данных САПР и SCADA в процессе создания АСУТП, представлена концепция интегрированной среды разработки и сопровождения рабочей документации и прикладного программного обеспечения АСУТП, приводится пример реализации и оценка эффективности предложенного решения.*

*Ключевые слова: САПР, SCADA, интегрированная среда, АСУТП, рабочая документация, прикладное ПО.*

### Введение

В жизненном цикле АСУТП одной из наиболее трудоемких является стадия «Рабочая документация», включающая согласно ГОСТ 34.601-90. «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания» этапы разработки рабочей документации (РД) и прикладного программного обеспечения (ППО). Вполне естественно, что для повышения эффективности разработок за последние десятилетия было предложено множество способов и средств автоматизации каждого из упомянутых этапов. Но в силу специфики эти средства в большинстве своем создавались и развивались в разных классах программных средств:

- для разработки РД — САПР;
- для разработки ППО — SCADA-системы [1], выбор которых чаще всего определяется выбором технических средств АСУТП.

Функциональную несогласованность этих средств можно объяснить разными причинами, но наиболее характерным следует считать то обстоятельство, что разработками занимаются разные группы специалистов и даже разные фирмы. Проявляется же эффект несогласованности уже в процессе применения САПР и SCADA фирмами-разработчиками АСУТП.

Принимая во внимание сопряженность двух упомянутых этапов, отметим, что в большинстве реальных задач проектирования в процессе разработки ППО с применением известных SCADA требуется выполнить большой объем работ, связанных с вводом в систему данных, отражающих принятые на этапе разработки РД решения. При этом не только увеличивается длительность процесса проектирования, но и возникает вероятность внесения в проект ошибок, свойственных ручным процедурам ввода информации.

Вполне понятно, что для устранения обстоятельств, снижающих эффективность работ по проектированию АСУТП [2], необходимо решить комплекс задач, обеспечивающих функциональную сопряженность САПР и SCADA. При этом может быть использовано два подхода, отличающихся характером «встречного движения»:

1) разработка дополнительного инструментария в составе SCADA-системы. Это возможно только в том случае, если организация — разработчик АСУТП является разработчиком SCADA или является партнером организации — разработчика SCADA, то есть способна оказывать влияние на процесс разработки и развития SCADA;

2) разработка программных средств автоматизации, реализующих возможность взаимодействия с сервисами SCADA. Но это возможно только в случае, когда SCADA поддерживает возможность обмена данными со сторонними приложениями посредством API (Application Programming Interface — программный интерфейс приложения).

В процессе реализации любого из представленных вариантов разработчик непременно столкнется с главной проблемой, по причине которой функциональность многих современных SCADA в области автоматизации процесса разработки прикладного проекта ограничен, — отсутствие на уровне SCADA проектных данных в объеме, достаточном для реализации функций автоматизации. На этапе разработки ППО, как правило, используются проектные данные, формируемые на этапе разработки РД, агрегатором которых является САПР.

Задача обеспечения доступа к проектным данным на уровне SCADA может быть решена двумя способами:

- 1) обеспечением обмена данными между SCADA и САПР посредством импорта/экспорта;
- 2) частичной интеграцией функциональности САПР и SCADA в рамках единого программного продукта и интеграцией данных на уровне единой базы данных.

Обеспечение обмена данными между SCADA и САПР посредством импорта/экспорта является классическим решением проблемы доступа к проектным данным на уровне SCADA, однако данное решение обладает существенным недостатком — отсутствием динамических связей между объектами и параметрами объектов САПР и SCADA. Полевые объекты АСУТП и технические средства программно-технического комплекса (ПТК) АСУТП представлены в базах данных САПР и SCADA в виде на-

бора объектов с определенным набором параметров. Таким образом, при создании объекта в САПР необходимо создать соответствующий объект в SCADA, а при изменении значений определенного набора параметров объекта в САПР необходимо обновить значение набора параметров соответствующего объекта в SCADA и, наоборот. В качестве примера можно привести такие полевые объекты АСУТП, как датчики, исполнительные устройства, механизмы и т.д., или технические средства ПТК АСУТП, входящие в состав контроллеров — процессорные модули, коммуникационные модули, модули ввода/вывода и т.д.

Недостаток описанного способа обмена данными между SCADA и САПР становится заметнее на каждом последующем этапе создания АСУТП. Например, корректировка ППО на этапе пусконаладочных работ осуществляется без синхронизации с базой данных САПР. Таким образом, по итогам пусконаладочных работ состав объектов и значения параметров объектов в базах данных САПР и SCADA могут существенно отличаться. На последующем этапе формирования исполнительной документации может возникнуть ситуация, при которой в результате импорта данных в САПР потребуется тщательный анализ и корректировка проектных данных, то есть дополнительные трудозатраты.

Альтернативой обмену данными между SCADA и САПР посредством импорта и экспорта является частичная интеграция функциональности САПР и SCADA в рамках единого программного продукта и интеграция данных на уровне единой базы данных. Основным преимуществом данного решения является возможность организации динамических связей между параметрами объектов проекта. Реализация данного решения исключает главный недостаток обмена данными между SCADA и САПР посредством импорта и экспорта, то есть исключаются и дополнительные трудовые затраты на этапах пусконаладочных работ формирования исполнительной документации.

Достоинства описанного выше решения становятся заметны как на этапе разработки РД и ППО, так и на последующих этапах создания системы управле-

ния. На этапе разработки РД и ППО обеспечивается возможность реализации дополнительного инструментария в области автоматизации процесса проектирования, например, механизмы автоматического формирования базы данных проекта, отчетной документации, прикладных программ, элементов операторского интерфейса и моделей узлов технологического объекта управления. На этапах пусконаладочных работ и эксплуатации АСУТП на уровне SCADA обеспечивается доступ специалистов не только к оперативной информации, но и к проектным данным. Наконец, на этапе формирования отчетной документации обеспечивается оперативное обновление документов без необходимости корректировки данных.

#### Концепция интегрированной среды разработки и сопровождения РД и ППО АСУТП

Классическая структура АСУТП предполагает трехуровневую архитектуру:

- 1) нижний уровень полевого оборудования (датчики, исполнительные устройства и т.д.);
- 2) средний уровень ПЛК;
- 3) верхний уровень сетевого оборудования (серверы, рабочие станции и т.д.).

В современных АСУТП верхний и средний уровни часто объединяются в рамках одного — уровня ПТК, таким образом, в структуре АСУТП выделяется два глобальных уровня: полевого оборудования и ПТК.

Информация о технических средствах ПТК используется в процессе разработки и РД, и ППО, то есть объекты уровня ПТК тесно связаны с объектами прикладного проекта. Информация о полевых объектах АСУТП имеет более изолированный характер, то есть в процессе разработки прикладного проекта используется ограниченный перечень полевых объектов определенных типов. Объективным решением является определение типов объектов уровня ПТК АСУТП, используемых в процессе формирования ППО, поддержка возможности их описания на уровне SCADA и возможности формирования соответствующего комплекта РД, то есть объединение функциональности САПР РД ПТК и SCADA в рамках интегрированной среды разработки и сопровождения РД ПТК и ППО. Основными критериями оптимальности решения в этом случае являются:

1) полнота данных на уровне прикладного проекта, которая определяется степенью автоматизации инструментария интегрированной среды. Другими словами, данных должно быть достаточно для беспрепятственной реализации функций автоматического формирования РД и ППО;

2) минимизация объема данных, подлежащих обмену со сторонними системами, достигаемая посредством поддержки возможности описания технических средств ПТК АСУТП и их связей на уровне прикладного проекта. Объем данных, подлежащих обмену со сторонними системами, в этом случае сводится к перечню полевых объектов и связей

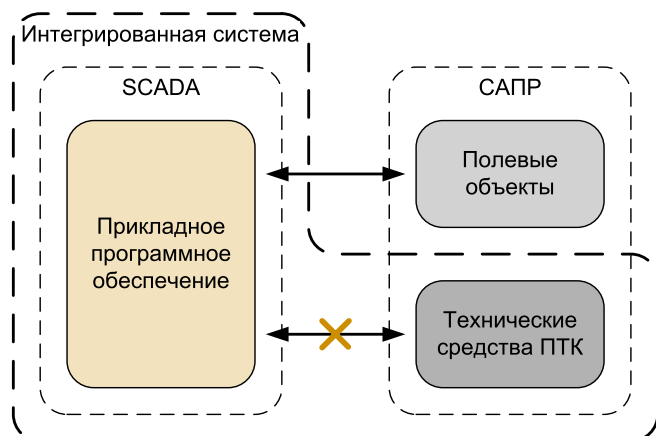


Рис. 1. Схема организации данных интегрированной среды

сигналов полевых объектов с техническими средствами ПТК.

Схема организации данных интегрированной среды представлена на рис. 1.

Главной задачей в процессе объединения функциональности САПР РД ПТК и SCADA является определение объема функций, которые должны быть реализованы на уровне SCADA. Данные функции условно можно разделить на четыре группы:

- 1) формирование базы данных проекта;
- 2) формирование ППО;
- 3) формирование моделей узлов технологического объекта;
- 4) формирование документации.

Формирование базы данных проекта, то есть создание/редактирование/удаление объектов и формирование связей между объектами на начальном этапе разработки проекта осуществляется посредством элементов управления пользовательского интерфейса или с помощью механизма импорта данных. Процесс создания/редактирования/удаления объектов должен сопровождаться автоматическим созданием/удалением и обновлением параметров других технологически связанных объектов. Реализация подобной функциональности позволит исключить дублирование проектных данных. Например, в проекте АСУТП могут использоваться типы модулей ввода/вывода, сигналы к которым подключаются не напрямую, а через модули клеммных соединений (МКС) или умощнители дискретных сигналов (УДС). В этом случае модуль не имеет физических каналов для подключения сигналов. В проекте экземпляр данного типа модуля ввода/вывода представляет собой объект, связанный с несколькими объектами другого типа (МКС или УДС), а в прикладном проекте представляет собой объект, включающий определенное число каналов, связанных с сигналами ввода/вывода. Несмотря на разницу представлений, оба объекта связаны с одним физическим объектом, то есть некоторые параметры объектов в проекте и в прикладном проекте имеют одинаковое значение и должны быть связаны (например, проектный идентификатор, позиция и т. д.).

Реализация динамических связей между объектами проекта исключает дублирование данных и необходимость корректировки узлов проекта в процессе внесения изменений. Таким образом, на протяжении всего жизненного цикла проекта поддерживается актуальность проектных данных и обеспечивается возможность оперативного формирования актуальных проектных показателей и проектной документации.

Одним из самых трудоемких этапов создания системы управления является этап разработки ППО, поэтому особое внимание должно быть уделено поддержке функциональности из области формирования ППО, то есть программных модулей, реализующих алгоритмы системы управления. Программный модуль включает совокупность функциональных блоков и связей,

сформированную в соответствии с определенными правилами. Формирование программных модулей осуществляется на основании проектной информации, полученной на этапе наполнения базы данных проекта. Наивысшая степень автоматизации, как правило, достигается в процессе формирования типовых программных модулей, реализующих алгоритмы:

- обработки сигналов ввода/вывода;
- управления исполнительными устройствами;
- диагностики технических средств и аппаратной сигнализации.

Процесс формирования программных модулей, реализующих сложные алгоритмы системы управления, такие как технологические защиты, технологические блокировки и т. д. менее подвержен автоматизации. Однако определенной степени автоматизации все-таки можно достичь путем интеграции процессов формирования РД и ППО. Например, на основании перечня алгоритмов формируются базовые варианты структурных схем и прикладных программ, которые впоследствии редактируются пользователем.

Тестирование и полигонные испытания системы управления осуществляются с использованием имитационных моделей узлов технологического объекта управления, которые включают модели датчиков и исполнительных устройств, объединенные в рамках модели технологического процесса. Источником исходных данных для имитационной модели являются данные, полученные в процессе формирования РД и ППО, что создает условия для поддержки функциональности из области автоматического формирования имитационных моделей на уровне интегрированной системы.

#### Реализация интегрированной среды разработки и сопровождения РД и ППО АСУТП

Описанное решение нашло свое применение в рамках компонента, входящего в состав SCADA ТЕКОН, являющейся частью ПТК ТЕКОН и предназначенной для решения широкого круга задач в области создания и обслуживания АСУТП любой конфигурации, масштаба и сложности.

Компонент реализован в виде отдельного приложения. Пользователь взаимодействует с данными посредством объектной модели, которая описывает структуру и взаимосвязь проектных сущностей и является своеобразной абстракцией между физическим хранилищем данных и конечным пользователем. В качестве хранилища данных выступает база данных SCADA — реляционная база данных, условно разделенная на три области: данные прикладного проекта, данные технических средств ПТК АСУТП и общие данные. Функциональная структура интегрированной среды представлена на рис. 2.

Формирование базы данных проекта может осуществляться двумя способами: посредством элементов управления пользовательского интерфейса или с помощью механизма импорта. Особое внимание

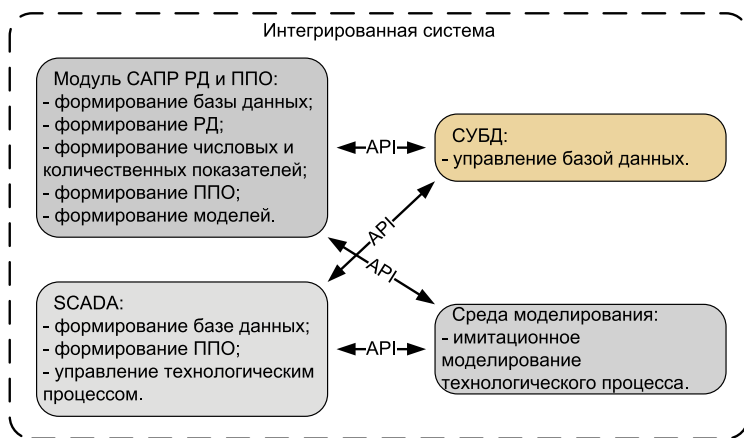


Рис. 2. Функциональная структура интегрированной среды

в процессе разработки механизма импорта было уделено одной из ключевых проблем, с которой пользователь сталкивается в процессе разработки проекта системы управления, – постоянное изменение состава исходных данных, то есть перечня импортируемых параметров. Гибкость механизмов импорта и экспорта обеспечивается посредством использования свободно конфигурируемых «ссылок», определяющих связь параметров объектов в базе исходных данных с параметрами объектов проекта. В процессе формирования базы данных проекта автоматически создаются и динамически обновляются параметры объектов прикладного проекта: функциональных объектов, источников данных, устройств ввода/вывода и т. д.

Посредством интегрированной среды формируется основной набор документов, входящий в состав РД ПТК АСУТП (ГОСТ 34.201-89. «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем»). По умолчанию пользователю доступен типовой набор шаблонов документов, таких как «Спецификация оборудования», «Таблица подключения внешних проводов», «Таблица соединений и подключений» и т. д. Предусмотрена возможность создания и редактирования новых шаблонов документов на основании типовых. Документ в процессе формирования отображается в режиме предварительного просмотра с возможностью печати, сохранения

или экспорта в один из наиболее распространенных офисных форматов: электронный документ (.pdf), документ MicrosoftWord (.rtf), таблица MicrosoftExcel (.xls, .xlsx) и т. д. На рис. 3 представлен фрагмент документа «Таблица соединений и подключений».

Реализована возможность формирования числовых или количественных показателей проекта, определяющих масштаб сложности системы управления, например, число объектов, каналов ввода/вывода, резерв объектов и каналов ввода/вывода и т. д. Данные формируются по выбранной группе объектов, выбранному узлу проекта или по проекту в целом и доступны для копирования в офисные приложения или экспорта в один

Марка клеммы	Марка жилы	Номер канала модуля	Идентификатор	Сокращенное наименование	Наименование	Схема подключения	Комментарий
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>06CDA01 Шкаф ПТК</b>							
<b>[2] A1-2 Модуль аналогового ввода AIG16</b>							
<b>[0] A1-2.1 Модуль клеммных соединений TCC4PW</b>							
XS1:1 (+24)		0	06HLB10CE002		Сигнал. Мощность ДВ-А на 1-й скорости	AI00	
XS1:2 (+)	I+						
XS1:3 (-)	I-						
XS1:4 (+24)		1	06HLB10CE003		Сигнал. Мощность ДВ-А на 2-й скорости	AI00	
XS1:5 (+)	I+						
XS1:6 (-)	I-						
XS1:7 (+24)		2	06HLB50CE002		Сигнал. Мощность ДВ-Б на 1-й скорости	AI00	
XS1:8 (+)	I+						
XS1:9 (-)	I-						
XS1:10 (+24)		3	06HLB50CE003		Сигнал. Мощность ДВ-Б на 2-й скорости	AI00	
XS1:11 (+)	I+						
XS1:12 (-)	I-						

Рис.3. Фрагмент документа «Таблица соединений и подключений»



из наиболее распространенных форматов по выбору пользователя.

Функциональность автоматизированной разработки прикладного проекта реализована в виде набора механизмов, позволяющих автоматически сформировать набор программных модулей, реализующих алгоритмы: обработки сигналов ввода/вывода; управления исполнительными устройствами; диагностики технических средств и аппаратной сигнализации.

Функции среды моделирования в SCADA ТЕКОН выполняет дополнительный компонент — среда моделирования Modeo. Задача САПР ПТК АСУТП в этом случае сводится к формированию файла исходных данных, содержащего описание моделей объектов.

Формирование фрагментов технологических программ и моделей узлов технологического объекта осуществляется на основании настроек типов объектов и проектных данных. Запуск механизмов осуществляется вручную по команде пользователя, как правило, по готовности РД. Повторный запуск может осуществляться неоднократно в процессе внесения изменений в проект.

#### Оценка эффективности решений

Эффект от интеграции САПР ПТК АСУТП с рабочими процессами организации заключается, прежде всего, в сокращении сроков выполнения работ по направлениям:

- формирование рабочей документации (за счет объединения групп последовательно выполняемых задач и обеспечения пользователя дополнительным инструментарием);
- формирование базы данных (за счет интеграции проектных данных в рамках единой базы дан-

ных и поддержки динамических связей между объектами);

- формирование ППО (за счет автоматизации процесса формирования программных модулей);
- формирование имитационной модели объекта управления (за счет интеграции со средой моделирования);
- формирования исполнительной документации (за счет исключения необходимости корректировки проекта по результатам пусконаладочных работ).

Вторым значимым эффектом от интеграции САПР ПТК АСУТП с рабочими процессами организации является сокращение числа ошибок, обусловленных человеческим фактором, — за счет минимизации доли участия пользователя в процессе проектирования и реализации дополнительного инструментария, выполняющего функции контроля корректности действий пользователя. Таким образом, для частично автоматизированных процессов наблюдается существенное сокращение числа ошибок, а для полностью автоматизированных сводится к нулю.

В заключение отметим, что использование САПР ПТК АСУТП возможно и на этапе монтажа и наладки оборудования ПТК АСУТП в качестве дополнительного инструмента, обеспечивающего возможность оперативного представления проектных данных в удобном формате, отличном от формата РД (поиск, группировка, сортировка данных и т. д.).

#### Список литературы

1. Ицкович Э.Л. Современные SCADA-программы разных производителей: их свойства и отличия, важные для потенциальных заказчиков // Автоматизация в промышленности. 2007. №4.
2. Ицкович Э.Л. Особенности современных АСУТП. Издво ИПУ РАН. 2017. 522 стр.

*Чуланов Дмитрий Анатольевич — руководитель направления САПР АСУТП ООО «ТеконАвтоматика».  
Контактный телефон +7 (4932) 93-34-13 доб. 1623.  
E-mail: chulanov@tecon.ru.*

#### НОВАЯ КНИГА

А.Д. Ермоленко, Д.А. Калабин, М.А. Лебедской-Тамбиев, А.С. Макаров, В.Г. Харазов  
Учебно-методическое пособие «Проектирование систем автоматизации процессов нефтепереработки»  
Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. Харазова В.Г.  
Издательство «Профессия» (Санкт-Петербург). 2017. – 272 с.

В книге рассмотрены современные методы проектирования систем автоматизации взрывопожароопасных процессов нефтепереработки. Даны основы проектирования систем автоматизации, включая противоаварийную автоматическую защиту.

В качестве примера представлена полная проектная документация (графическая и текстовая части) автоматизации процесса гидроочистки моторных топлив. Рассмотрена система управления процессом на базе РСУ. В приложениях приведены образцы технической документации, пе-



речень действующих нормативных актов, обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.

Учебно-методическое пособие предназначено для специалистов по проектированию систем автоматизации различных технологических процессов, ИТ-специалистов предприятий нефтепереработки, студентов — бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств» и «Управление в технических системах», а также аспирантов и преподавателей профильных ВУЗов.

[Http://www.professija.ru](http://www.professija.ru)