

УДК 681.58.011.56

**А.С. Гристан, В.Г. Сухоробрый**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

## **СЕМЕЙСТВО САПР СУ СИНТАР**

Описано семейство сред СИНТАР для проектирования систем управления, в том числе и АСУ ТП, разрабатываемых на кафедре информационных технологий проектирования «ХАИ» с 1993 г. Проведен сравнительный анализ возможностей, прослежена эволюция развития продуктов СИНТАР, приведены данные о промышленном применении семейства. Указаны характеристики достигнутого уровня и ближайшие перспективы.

### **система управления, система автоматизированного проектирования**

Создание семейства сред автоматизированной разработки программного обеспечения систем управления (СУ) технологическими процессами под общим названием СИНТАР было начато на кафедре информационных технологий проектирования «ХАИ» в 1993г. С этого времени по сегодняшний день был создан ряд версий – СИНТАР-1 [1], СИНТАР-2 [2, 3], СИНТАР-2А, СИНТАР-3 [4, 5], СИНТАР-3М [6, 7, 8]. Все они представляют собой самостоятельные системы, доведены до промышленного применения и внедрены для разработки различных СУ (АСУ ТП) на ряде предприятий. Общие характеристики версий семейства СИНТАР показаны в табл.1.

За это время был накоплен богатый опыт проектирования систем такого класса. Он складывался путем осмысления собственных успехов и прочетов, анализа продукции конкурентов, изучения стандартов и учета требований заказчиков. Представляется интересным проследить эволюцию идей и их воплощения в программных продуктах семейства СИНТАР. Общая картина будет выглядеть четче, если последовательно пронаблюдать развитие основных аспектов функциональности.

### **Средства программирования**

Сравнение возможностей версий по этому аспекту (средства программирования) показано в табл. 2.

Таблица 1

Общие характеристики версий семейства СИНТАР

Версия	Назначение	Прикладная область	Размер АСУ	Внедрен	Объем исходных кодов, Мб
1	SoftLogic	Малые распределенные АСУ ТП	до 1000 сигналов	1996	0.873
2	SoftLogic SCADA	Средние распределенные АСУ ТП	до 10000 сигналов	1997	3.415
2А	SoftLogic	Средние распределенные системы управления АТС	до 10000 абонентов	2000	1.126
3	SoftLogic SCADA	Большие распределенные АСУ ТП	до 50000 сигналов	2003	5.208
3М	SoftLogic SCADA	Малые централизованные АСУ ТП	до 1000 сигналов	2004	4.534

*Примечание:* SoftLogic – система разработки программного обеспечения контроллеров СУ; SCADA – система разработки программного обеспечения рабочих станций СУ.

Во всех версиях программа строится из разделов. Функциональные блоки в явном виде существуют в версиях 1, 2, 2А. В версиях 3, 3М, благодаря введению пользовательских классов, они заменены более общим понятием объекта. Если функциональный блок – это частный случай объекта с одним методом, то объект общего вида, поддерживаемый версиями 3 и 3М, может иметь произвольное количество методов и создаваемый пользователем набор полей, в том числе полей-объектов других классов.

Версия 1 ограничена единственным структурным элементом – функциональным блоком, выступающим в двух вариантах – библиотечный алгоблок и пользовательский модуль. В последующих версиях структурное многообразие возрастает. Не очень наглядной заменой констант в версиях 1 и 2 служил механизм настройки входов/выходов блоков. Процедуры и функции как элементы без хранимой памяти появляются только в версиях 3, 3М. В этих же версиях реализованы переменные-объекты с хранимой внутренней памятью полей и произвольным набором методов.

Необходимость табличных функций одного и двух аргументов, реализованных в версии 2, в последующих версиях отпала в связи с появлением

пользовательских типов массивов в сочетании с библиотечной функцией линейной аппроксимации.

Таблица 2

Сравнение возможностей версий

Свойство	Версия СИНТАР				
	1	2	2А	3	3М
<b>Структура программы</b>					
Функциональные блоки	•	•	•		
Открытые процедуры		•	•	•	•
Операторы		•	•	•	•
Процедуры и функции				•	•
Табличные функции		•			
Переменные		•	•	•	•
Константы			•	•	•
Объекты				•	•
<b>Языки программирования</b>					
Спрут (графический, FBD)	•	•	•	•	•
Автомат (графический)			•		
Логар (текстовый)	•	•	•	•	•
Паскаль (текстовый)		•	•	•	•
<b>Типы данных</b>					
Предопределенные типы	12	9	7	8	8
Групповые типы		•	•	•	•
Пользовательские типы			•	•	•
Пользовательские классы				•	•
<b>Порядок выполнения</b>					
Автоматическое определение	•	•	•	•	•
Ручное определение		•	•	•	•
Выполнение по условию		•	•	•	•
Ветвление потока управления			•	•	•

Для обеспечения изоморфизма операторов и открытых процедур начиная с версии 2 введены групповые типы (рис.1), которые позволили одним и тем же оператором или открытой процедурой обрабатывать данные разных типов в пределах группы.

В версии 2А, которая была создана для разработки ПО автоматических телефонных станций, добавлен графический язык конечных автоматов,

который традиционно используется в этой прикладной области для описания алгоритмов управления.

В версиях 3 и 3М сняты ограничения на использование языков для создания некоторых структурных элементов: практически любой структурный элемент может быть запрограммирован на любом из языков.

Важнейшее свойство языка Спрут – неограниченная вложенность схем структурных элементов – поддерживает нисходящее проектирование. Это свойство реализовано во всех версиях семейства СИНТАР.

Выходным языком, в который транслируются исходные программы всех поддерживаемых языков, в версии 1 был ассемблер микропроцессора Intel 8051, в остальных версиях – объектный Паскаль.

### **Средства коммуникации**

Благодаря большому многообразию измерительной аппаратуры, устройств связи с объектом управления (УСО) и обилию различных стандартов этот компонент наиболее трудоемок с точки зрения формализации и автоматизации. Поэтому подходы в различных версиях семейства имеют значительные отличия.

**Версия 1.** Описание типов датчиков и преобразований электрического измерения в физическую величину. Встроенный набор драйверов для фиксированных аппаратных средств.

**Версия 2.** Первая попытка формализовать многообразие датчиков, УСО и связанных с ними сигналов на основе описания измерительных и выходных цепей и связанных с ними преобразований. Описание измерительной/выходной цепи сводится к выбору значений фиксированного набора параметров. Описание аппаратуры через структуру аппаратного адреса (включая новые устройства). Генерация шаблонов для написания драйверов. 9 фиксированных типов сигналов. БД сигналов используется для настройки системных и прикладных программ. Явное представление на схемах входных/выходных сигналов и связей с другими схемами, задачами и узлами глобальных и сетевых переменных.

Сетевые переменные, определенные в Спрут-схемах, позволяют автоматически генерировать описания сетевых переменных для системных программ всех узлов локальной сети АСУ.

**Версия 3.** Изменилась концепция сигнала: под сигналами понимаются любые данные, которыми обмениваются субъекты коммуникации (узлы сети, контроллеры и устройства связи с объектом управления). 15 фиксированных типов сигналов. Все особенности, связанные с датчиками, преобразователями, первичной обработкой, резервированием и т.д., описываются как свойства сигналов определенных типов. Импорт сигналов из БД в программные проекты в виде глобальных переменных.

Подсистема описания аппаратных средств, используемая для визуального построения структуры оборудования, определения аппаратных адресов и связывания сигналов с элементами аппаратуры. В результате связывания БД сигналов автоматически дополняется аппаратными адресами сигналов.

**Версия 3М.** Коммуникационная модель базируется на понятиях адресного пространства конфигурации, схемы потоков сигналов, коммуникационных объектов. Древоподобная структура адресного пространства описывает любые варианты программно-аппартной конфигурации АСУ. Листья этого дерева связываются с сигналами. На схеме потоков сигналов наглядно отражаются субъекты коммуникации и линии связи, по которым передаются сигналы. Передача сигналов и их первичная обработка реализуется через коммуникационные объекты – экземпляры классов, соответствующих определенным типам сигналов.

Редактор сигналов позволяет не только вводить в БД конкретные сигналы и их свойства, но и создавать собственные типы сигналов, отличающиеся наборами свойств.

Благодаря поддержке пользовательских классов, СИНТАР-3 обеспечивает не только прикладное, но и системное программирование. Система поставляется с набором базовых классов коммуникационных объектов, описывающих основные типы сигналов и виды первичной обработки. Пользователь может создавать свои классы, наследуя всю функциональность базовых классов.

### **Коллективная разработка**

Основные свойства этой возможности для разных версий СИНТАР приведены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства возможности коллективной разработки

Свойство	Версия СИНТАР				
	1	2	2А	3	3М
Количество обслуживаемых проектов	один	много	мно-го	много	мно-го
Слияние проектов		•	•		
Сборка программ из нескольких проектов				•	•
Встроенная библиотека	•	•	•		
Пользовательская библиотека		•	•		
Использование элементов из любого проекта				•	•
Формат базы данных проекта	dBase	dBase	dBase	Inter-base	Inter-base

Обслуживание нескольких проектов позволяет вести параллельную разработку на разных рабочих местах. Однако после слияния проектов для генерации исполняемых программ и отладки распараллеливание уже затруднительно. Поэтому в последних версиях слияние проектов заменено сборкой программы из разделов разных проектов.

В версиях 3, 3М полностью изменилась концепция библиотеки программных элементов: теперь в ее роли может выступать любой проект или его часть. Это означает, что любой элемент проекта (процедура, функция, тип данных или класс) может использоваться другими проектами, но модификации этого элемента возможны только в исходном проекте, поскольку его описание существует в единственном экземпляре. Такой подход не исключает создания и чисто библиотечных проектов, без исполнительных разделов.

### Управление конфигурацией

В версиях 1, 2, 2а управление конфигурацией практически отсутствует: проект уже в момент создания жестко связывается с узлами локальной сети. В последних версиях выделен отдельный этап разработки: построение программно-аппаратных конфигураций. На этом этапе происходит размещение программных элементов (задач, разделов) на узлах локальной сети.

В версии 3М идеология построения различных конфигураций (модельных, с реальной аппаратурой) на одном наборе прикладных программ реализована наиболее последовательно и элегантно. Сначала пользователь описывает дерево адресного пространства конфигурации, которое определяет все узлы и их внутреннюю структуру вплоть до точек подключения сигналов или пакетов сигналов. После этого создается схема потоков сигналов и на ней в визуальном стиле к узлам подключаются программные разделы и сигналы.

### Реальное время

Все версии СИНТАР оснащены собственной системой реального времени (табл. 4).

Таблица 4

Свойства реального времени

Свойство	Версия СИНТАР				
	1	2	2А	3	3М
Операционная система	собств.	MS DOS	MS DOS	MS DOS	MS Windows
Библиотека реального времени		•	•	•	•
Количество задач	много	много	много	много	одна

Все версии семейства, кроме 1 и 3М, работают под управлением MS DOS и для выполнения функций реального времени используют специально разработанную библиотеку реального времени (БРВ). БРВ применяется в версиях 2, 2А и 3 практически без изменений: этот факт обуславливает ее надежность как самого критического элемента СУ.

Начиная с версии 2А, задачи отделены от программных разделов, что соответствует требованиям стандарта [9]. Разделы в рамках задачи выполняются последовательно, задачи выполняются параллельно с применением квантования процессорного времени (величину кванта каждой задачи устанавливает пользователь) и корпоративной стратегии разделения времени.

Специфика прикладной области потребовала в версии 2А динамически создавать экземпляры программных разделов для обслуживания разговоров, которые возникают во времени случайным образом.

Кроме управления задачами, БРВ управляет сетевым обменом и приемом/передачей данных в УСО, отладочными функциями, обработкой ошибок.

### Отладка и испытания

Свойства системы отладки и испытаний программного обеспечения СУ для всех версий приведены в табл. 5.

Таблица 5

Свойства системы отладки и испытаний

Свойство	Версия СИНТАР				
	1	2	2А	3	3М
Удаленная отладка контроллеров		•	•	•	
Контрольные точки		•	•	•	•
Загрузка такта		•	•	•	•
Временная статистика по задачам		•	•	•	
Временная статистика по разделам					•
Пошаговое выполнение				•	•
Отображение значений на схеме				•	•
Перемещение по стеку вызовов				•	•
История значений переменных				•	•
Графики значений переменных				•	•
Статистика по значениям переменных				•	•

В версиях 2, 2А отладка по контрольным точкам имела ряд ограничений:

- контрольные точки задавались статически, до генерации программы;
- в момент останова по контрольной точке можно было увидеть значения входов/выходов только одного блока.



С появлением визуальной отладки (версии 3, 3М) эти ограничения были сняты: контрольные точки можно устанавливать и отменять динамически, в процессе отладки, задавать количество проходов до следующего останова. Кроме того, значения всех выходов отображаются прямо на схеме, возможно пошаговое выполнение: для схемы – по одному блоку, для текста – по одной строке. Другие возможности показаны в таблице 5.

### **Отображение процессов и операторское управление**

Для программирования SCADA-части АСУ используется среда программирования Borland Delphi 5, расширенная рядом пакетов, ориентированных на разработку SCADA-систем. К ним относятся, в частности, пакеты статических и динамических визуальных компонентов для отображения хода технологического процесса и поведения технологических параметров. Они обеспечивают наиболее распространенные способы отображения параметров: в текстовом виде, в виде гистограммы, изменением цвета, чередованием растровых изображений, в виде графика. С помощью стандартных и специальных пакетов компонентов пользователь строит необходимые видеокadres, используя визуальное программирование среды Delphi.

Предусмотрены средства, позволяющие формировать, отображать и сохранять в базе данных записи о разнообразных событиях, происходящих в АСУ, вести непрерывную запись в архивы значений назначенных технологических параметров.

Управляющие компоненты позволяют вводить значения переменных в текстовом виде, в виде ползунка, нажатием на кнопку.

Обмен данными с контроллерами осуществляется через сетевые переменные, которые связываются с соответствующими визуальными компонентами.

Для просмотра архивов технологических данных и журнала событий разработана специальная утилита. Она отображает выбранные параметры в заданном временном интервале в форме графиков и таблиц.

SCADA-система семейства СИНТАР была разработана в версии 2 и практически без изменений используется в версиях 3 и 3М. Это объясняется широким набором функциональных возможностей, заложенных в систему.

### **Интерфейс пользователя**

Версии 1, 2, 2А работают под MS DOS, поэтому возможности пользовательского интерфейса у них ограничены. Тем не менее, для графических языков были реализованы графические редакторы, которые обеспечивают использование меню, кнопок, подсказок и оперативной помощи. Для улучшения читабельности схем используется цветовая дифференциация типов данных и языков программирования. Размер Спрут-схемы ограничен размером экрана. В версии 2А уже доступно скроллинг схем.

В версиях 3, 3М, которые работают под MS Windows, реализован современный интерфейс. Он характеризуется единым подходом к визуализации всех этапов разработки ПО АСУ:

- унифицированный формат основных окон всех подсистем: слева – общая структура, справа – схема, текст или свойства выбранного элемента;
- максимальное использование графических схем: при описании аппаратуры, программировании, построении конфигураций и отладке;
- построение схем либо путем создания новых элементов, либо путем перетаскивания из правой панели или из другого окна;
- автоматическое создание текстовых шаблонов по описанию текстовой подпрограммы;
- изменяемая пользователем синтаксическая подсветка текстовых программ.

### **Выводы**

Семейство СИНТАР прошло большой путь развития и продолжает совершенствоваться. К настоящему моменту мы имеем спектр сред проектирования, покрывающих области SCADA и SoftLogic для создания как крупных распределенных, так и малых централизованных систем. Базовые свойства последних версий:

- поддержка нисходящего проектирования;
- визуальное объектное программирование алгоритмов управления;
- визуальное построение мобильных конфигураций АСУ;
- визуальная отладка и испытания ПО;
- открытая архитектура коммуникационных средств;
- визуальное проектирование интерфейса оператора рабочей станции.

Промышленное использование продуктов семейства СИНТАР показано в табл. 6.

Таблица 6

Промышленное использование продуктов семейства СИНТАР

№	Объект	Размер АСУ, сигн.	Разработчик АСУ	Версия СИНТАР	Год
1	2	3	4	5	6
1	Алчевский металлургический комбинат, домна №5 (Украина)	200	АО ХАРТРОН (Харьков)	1, SoftLogic	1996
2	Новолипецкий металлургический комбинат, коксовая батарея №5 (Россия)	400	АО ХАРТРОН (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	1997
3	Новолипецкий металлургический комбинат, коксовая батарея №8 (Россия)	1200	АО ХАРТРОН (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	1998
4	Пролетарская нефтеперекачивающая станция (Украина)	4600	АО ХАРТРОН (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	1998
6	АТС «Донец-5»: 22 станции в населенных пунктах Днепропетровской области (Украина)	АТС на 1000-2000 абонентов	НПО «Монолит» (Харьков)	2a, SofLogic	2000
5	Аксууский завод ферросплавов (г. Аксу, Казахстан)	800	ООО ХАРТЭП (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	2001
7	Модуль переработки углеводородного сырья, ОАО Запорожжкокс (Украина)	1000	НПФ «ЭлонтТ» (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	2000
8	Котельная, г. Чигирин (Украина)	600	НПФ «ЭлонтТ» (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	2001
9	Стенд для испытаний двигателя, з-д им. Малышева (Украина)	500	НПФ «ЭлонтТ» (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	2002

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6
10	ОАО «Полтавский ГОК» (Украина)	500	НПФ «Элон-ТТ» (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	2003
11	Резервуарный парк, ОАО Запорожжокс (Украина)	600	НПФ «Элон-ТТ» (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	2004
12	Ровенская АЭС, 4-й энергоблок (Украина)	45000	НПО «Монолит» (Харьков), НПО ЛьвовОР-ГРЭС, ЗГИ Тех-энерго (Львов)	3, SoftLogic	2004
13	АЭС, г. Кайга (Индия) 3-й энергоблок 4-й энергоблок	15000 15000	НПО «Монолит», НПО «Турбоатом» (Харьков)	3, SoftLogic	2004
14	АЭС пр. Раджастан (Индия) 5-й энергоблок 6-й энергоблок	15000 15000	НПО «Монолит», НПО «Турбоатом» (Харьков)	3, SoftLogic	2004
15	Запор. АЭС (Украина) 2-й энергоблок 3-й энергоблок 4-й энергоблок	4000 4500 3000	НПО «Монолит» (Харьков)	3, SoftLogic	2004
16	Холодильник морского рыбного порта (Севастополь, Украина)	300	АОЗТ НПП «Холод» (Харьков)	3м, SoftLogic +SCADA	2004
17	Стенд для замера тепловых параметров турбогенераторов. «Электротяжмаш» (Харьков)	600	НПФ «Элон-ТТ» (Харьков)	2, SoftLogic +SCADA	2004

Дальнейшее развитие семейства СИНТАР предполагается по таким направлениям:

- локализация под ОС реального времени, например, QNX, Windows CE, Linux;
- построение библиотеки классов коммуникационных объектов для устройств связи, распространенных на рынке средств автоматизации;
- обеспечение многоязыкового выхода генератора программ.

## Литература

1. Сухоребрый В.Г., Гристан А.С., Щеткина Л.А. Информационные технологии в проектировании АСУ ТП промышленного предприятия // Труды международной научно-методической конференции. – Х.: ХАИ. – 22 – 24 мая 1996. – 1996. – С. 122 – 123.
2. Гристан А.С., Кривонос А.И., Рыбальченко Т.В., Сухоребрый В.Г. САПР АСУ ТП СИНТАР-2В / Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Сборник научных трудов «ХАИ». – Х.: «ХАИ». – 1999. – Вып. 4. – С. 61 – 67.
3. Гристан А.С., Сухоребрый В.Г., Рыбальченко Т.В., Кривонос А.И., Шапка С.А., САПР АСУ ТП СИНТАР-2В // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2001. – № 10. – С 14 – 18.
4. Гристан А.С., Сухоребрый В.Г., Система автоматизированного проектирования СИНТАР-3 // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2003. – Вып. 19. – С. 198 – 204.
5. Сухоребрый В.Г., Гристан А.С., Джулгаков В.Г., Джулгаков Д.В. САПР СИНТАР-3. Начало реализации концепции построения перспективных САПР систем сбора информации и управления технологическими процессами // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2004. – Вып. 21. – С. 83 – 91.
6. Сухоребрый В.Г., Гристан А.С., Джулгаков В.Г., Руденко К.И., Джулгаков Д.В., СИНТАР-3 Моно – САПР для одномашинной АСУ // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2004. – Вып. 24. – С. 257 – 262.
7. Сухоребрый В.Г., Гристан А.С., Джулгаков В.Г., Руденко К.И., Джулгаков Д.В. Визуальное объектное программирование промышленных контроллеров // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2004. – Вып. 24. – С. 224 – 230.
8. Сухоребрый В.Г., Гристан А.С., Джулгаков В.Г., Руденко К.И., Джулгаков Д.В. Управление конфигурацией в СИНТАР-3 // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2004. – Вып. 24. – С. 250 – 256.
9. International standard 1131-3, Part 3: Programming languages, IEC, Division Automatismes Programmables, First edition, 1993.

*Поступила в редакцию 7.04.2005*