

## Программные средства ПТК «САРГОН 6.5»

*В статье рассмотрены структура и функциональные возможности программного обеспечения одного из современных российских ПТК.*

Современный программно-технический комплекс является сбалансированной системой, состоящей из технических средств, программных средств и типовых системных решений. Каждый из этих компонентов важен, но уже в течение многих лет относительное значение программного обеспечения возрастает. Именно программное обеспечение связывает воедино все компоненты АСУТП, обеспечивает ее интерфейс с пользователями и другими системами. Многоплановость задач, решаемых программным обеспечением ПТК, приводит к сложной внутренней структуре программного комплекса, состоящего из нескольких взаимосвязанных программных систем.

По назначению все программные средства ПТК можно разделить на три группы:

- системы реального времени;
- средства разработки;
- средства настройки и тестирования.

Для каждой из трех групп можно выделить системное ПО, обеспечивающее общее функционирование вычислительных устройств, и фирменное ПО, реализующее функции АСУТП.

В ПТК «САРГОН» разработке эффективного программного обеспечения всегда уделялось большое внимание [1]. Переход к распределенным системам ответственного управления связан с дополнительным усложнением всех составляющих программного комплекса, т.к. количество вычислительных устройств, объединяемых программным обеспечением системы, возрастает на порядок.

### Основные технологии построения программного комплекса «САРГОН»

Для эффективного решения задачи создания распределенных АСУТП ответственных производств программный комплекс «САРГОН» использует самые современные технологии системного программирования:

- объектный подход;
- единая реляционная база данных;
- компонентная структура с технологией «промежуточного слоя»;
- непроцедурное программирование.

**Объектный подход** — мощная современная технология проектирования и программирования, разработанная в конце прошлого века. В АСУТП наиболее важны такие свойства объектной технологии как естественный параллелизм процессов, легкость расширения набора функций без изменения структуры системы (например, при переходе от информационной системы к управляющей), простота расширения системы при увеличении объема автоматизации объекта, эффективность тиражирования на аналогичные объекты. Получившая всеобщее распространение технология начала применяться в программном обеспечении АСУТП с большой задержкой - в большинстве современных SCADA-систем он уже активно используется, а в SoftLogic-системы только начал проникать. В ПТК «САРГОН» объектный подход изначально (с 1991г) был сделан системообразующим – любой компонент объекта управления и АСУТП отображается в программном обеспечении всех уровней соответствующим программным объектом и управляется через него.

**Единая реляционная база данных** – основа любой современной SCADA- и SoftLogic-программной системы – обеспечивает четкость и однозначность программного описания объекта и системы управления за счет нормализации структуры описания и уникальности ключа каждого компонента. Т.к. в ПТК «САРГОН» SCADA- и SoftLogic- системы полностью интегрированы, то реляционная база данных едина для всего ПТК. В наиболее распространенных ПТК реляционные базы начали активно использоваться с рубежа XX/XXI века. *В «САРГОН» единая реляционная база данных изначально (с 1991г) стала основой программного обеспечения комплекса.*

**Компонентная структура** — современная технология построения программной системы из набора типовых элементов (компонентов). Для всех компонентов разрабатывается набор протоколов взаимодействия с исполняющей системой, пользователями и другими компонентами. При программировании конкретного компонента достаточно описать внутреннюю логику его работы и реализацию указанного протокола, а все взаимодействия с окружением реализует исполняющая система. Использование технологии сокращает сроки разработки и увеличивает надежность программного обеспечения. Одним из наиболее известных примеров компонентной технологии является стандарт обмена данным OPC. *В ПТК «САРГОН» компонентная структура окончательно сформировалась к версии 4.0 (1996г), а OPC поддержан с версии 6.0 (2007г).*

**Технология «промежуточного слоя»** — современная технология, обеспечивающая высокую степень переносимости ПО путем создания в программной системе внутреннего системного слоя и максимальной локализации и стандартизации его взаимодействия с операционной системой. Реализация на уровне «промежуточного слоя» подсистемы передачи команд и сообщений, механизмов взаимодействия между компонентами, службы времени и т.п. обеспечивает высокую переносимость программного комплекса. *В ПТК «САРГОН» эта технология активно используется с версии 4.0 (1996г).*

**Непроцедурные языки** — современное направление системного программирования, позволяющее сконцентрировать внимание разработчика на описании целей и правил, перекладывая большинство подробностей процедурной реализации на транслятор языка (т.е. описывается «что делать», вместо «как делать»). Использование непроцедурного языка обеспечивает простоту и легкость понимания программ для разработчика и наладчика, что сокращает трудоемкость и сроки разработки, увеличивает надежность ПО. Непроцедурное программирование - одна из наиболее быстро развивающихся областей системного программирования, но, в отличие от перечисленных выше, эта технология пока еще не освоена в большинстве ПТК. *В «САРГОН» непроцедурный язык активно используется с версии 3.0 (1993г).*

## **Системное ПО ПТК «САРГОН»**

Операционные системы (далее ОС) предназначены для управления аппаратными средствами вычислительного узла с помощью базового комплекса программ, обеспечивающих работы с файлами, ввод и вывод данных, контроль времени, а также выполнения прикладных программ и утилит.

При разработке ПТК «САРГОН» было принято решение об использовании максимально распространенных операционных систем из имеющих необходимые показатели надежности работы. Начиная с версии 5.0 в качестве таковых были выбраны ОС на платформе Win32 – семейство Windows NT/2000/XP/2007 для компьютеров, Widows Server 2000/2003/2008 для серверов и Windows CE 5/6 для контроллеров. Единая программная платформа операционных систем облегчает совместимость всех программных средств ПТК, а широкая распространенность ОС обеспечивает простоту эксплуатации ПТК и обучения персонала заказчика. При этом для компьютеров и серверов используется стандартная конфигурация ОС (необходима только настройка оперативных АРМ для работы в режиме реального времени), а для контроллеров своя сборка ОС формируется для каждого типа контроллера.

## Фирменное ПО ПТК «САРГОН»

Фирменное программное обеспечение (далее ФПО) предназначено для реализации в ПТК всех функций управления и обработки информации, требуемых от ПТК по стандарту [3].

Фирменным программным обеспечением, входящим в состав ПТК «САРГОН» являются:

### Системы реального времени ТкА:

- Система реального времени для АРМ операторов, инженеров и руководителей предприятия с графическим интерфейсом - ТкАбw;
- Система реального времени для микропроцессорных контроллеров - ТкАбсе;

### Средства разработки:

- система технологического программирования ТкАprog;
- система автоматического конфигурирования ТкАconf;
- графический конфигуратор мнемосхем ТкАdraw;
- редактор палитр изображений PAICreate;
- формирователь отчетов ТкАreport;
- библиотека типовых функциональных блоков (звеньев) (P.I.D-регулятор, интегратор, дифференциатор и т.п.);
- объектная библиотека базовых терминальных моделей (исполнительные устройства, аналоговый и дискретный параметры);
- объектная библиотека моделей, ориентированная на определенный тип объектов управления (котел, турбоустановка, химводоочистка, энергоблок и т.п.).

### Средства тестирования:

- встроенные в систему реального времени ТкАбw;
- комплекс тестирования контроллеров и контроллерных сетей «MFC\_TEST»;
- система инженерного сопровождения «P.I.D.-expert» (разработка ООО «НПО Техноконт»).

Рис. 1 отображает цикл жизни АСУТП и местоположение компонентов ФПО в этом цикле.

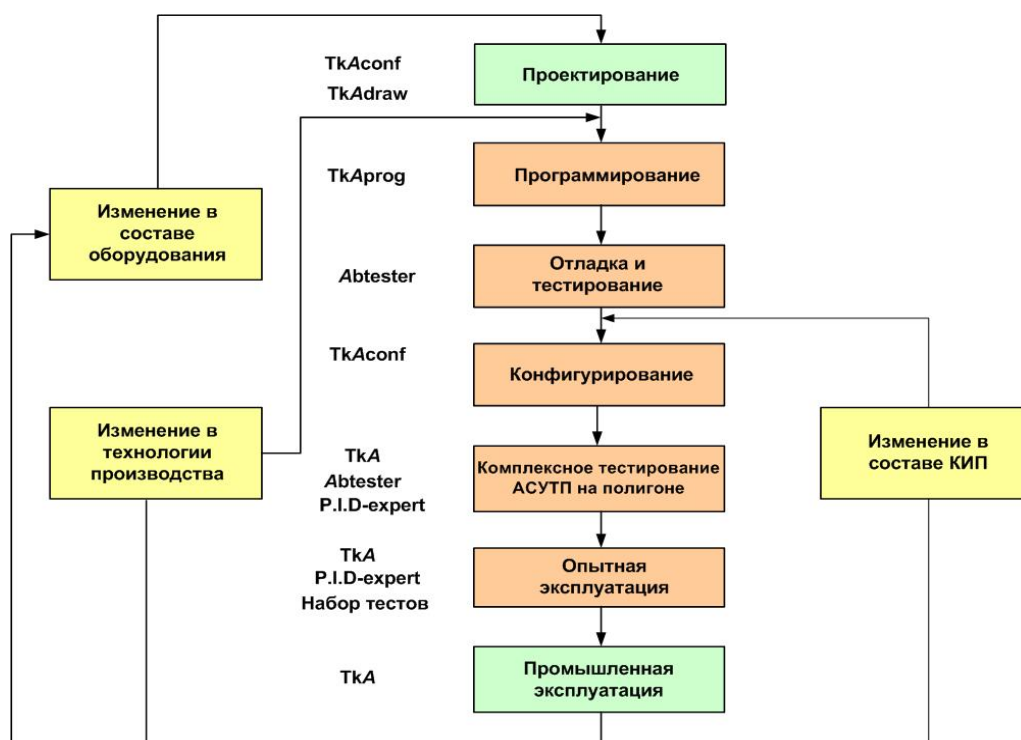


Рис. 1 Компоненты «САРГОН» в цикле жизни АСУТП

## 1.1 Система реального времени ТкА6

Программная совместимость всех вычислительных узлов ПТК «САРГОН», обеспечиваемая системным ПО комплекса, позволила создать универсальную исполнительную систему реального времени, устанавливаемую на все контроллеры и компьютеры ПТК. Реализуя «виртуальную вычислительную машину САРГОН», система реального времени ТкА обеспечивает выполнение всех системных функций прикладного уровня и пользовательских технологических программ. Система имеет микроядерную многоуровневую архитектуру (Рис. 2).

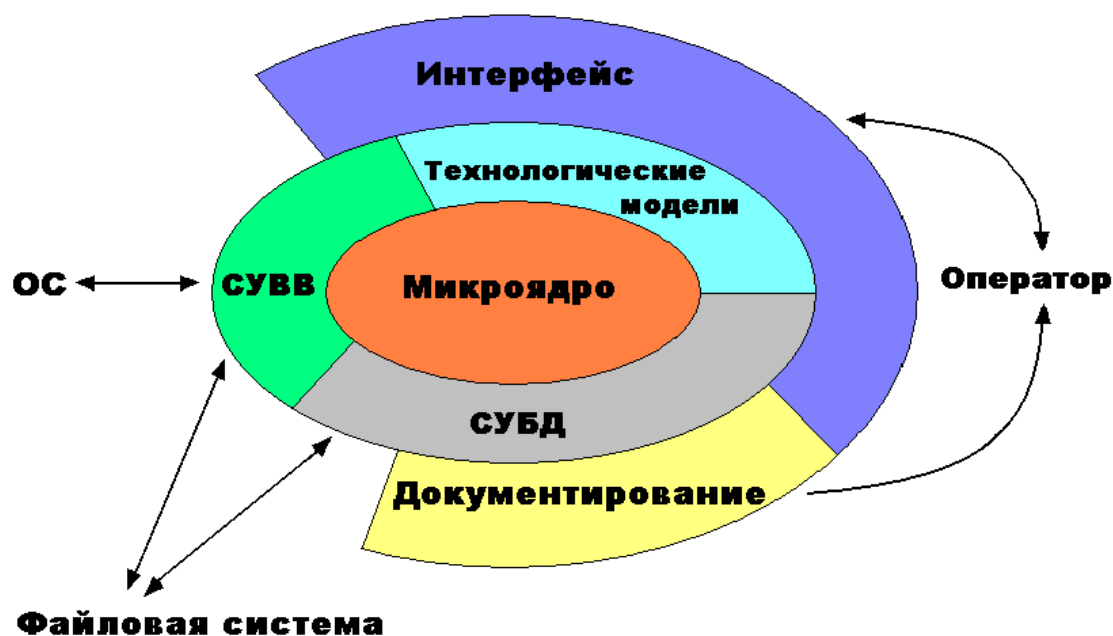


Рис. 2 Структура системы реального времени ТкА

Модификация АРМ оператора отличается от контроллерной наличием верхнего уровня, включающего графический интерфейс и систему документирования. При этом контроллерная модификация ТкА обеспечивает реализацию всех функций исполнительного модуля классической SoftLogic-системы, а модификация АРМ – и SoftLogic, и SCADA-системы одновременно.

Система реального времени ТкА обеспечивает выполнение всех функций в соответствии с общими техническими требованиями к ПТК [3].

### *Информационные функции*

- автоматический контроль и отображение информации в виде мнемосхем, графиков (трендов), диаграмм, таблиц, объектных окон на экране компьютера;
- предупредительная и аварийная сигнализация: индивидуальная и групповая;
- постоянное архивирование данных о состоянии объекта и системы;
- расчет и накопление статистик: средних и суммарных показателей;
- регистрация событий, включая аварийные события и действия оператора;
- регистрация аварийных ситуаций (РАС);
- анализ действия защит (АДЗ);
- анализ истории технологического процесса, формирование отчетов и распечатка их по вызову;
- выполнение сложных расчетных функций, включая расчеты ТЭП и расчет расходов по формулам ГОСТ 8.563.2-97;
- диагностика процесса и оборудования, идентификация состояния элементов объекта и системы.

### ***Управляющие функции***

- дистанционное управление арматурой и вспомогательным оборудованием;
- реализация технологических защит;
- реализация технологических блокировок, включая АВР;
- функционально-групповое (программно-логическое) управление, автоматизированный пуск и останов в режиме управления или совета;
- автоматическое регулирование, включая реализацию быстродействующих регуляторов частоты и мощности энергоблоков;
- дистанционное и автоматическое программное управление работой регуляторов: изменение структуры и режима работы контуров, заданий и коэффициентов, автоматическая подстройка;

### ***Сервисные функции***

- защита от попыток несанкционированного доступа к информации и управляющим функциям;
- диагностика технических и программных средств системы в реальном времени - контроль состояния и работоспособности сети, модулей УСО, контроллеров, компьютеров АРМ, каналов связи, баз данных;
- контроль за состояниями и значениями любого набора параметров технологического процесса и системы;
- имитационный режим работы системы для визуальной отладки прикладных программ.

В **ТкА** также встроена возможность реализации дополнительных функций, описанных пользователем на встроеном непроцедурном языке или в режиме фоновой задачи.

К важным особенностям **ТкА** следует отнести:

- высокая эффективность выполнения технологических программ, значительно ослабляющая влияние ограничений по мощности контроллеров на структуру АСУТП и обеспечивающая обработку любых объемов информации, встречающихся на энергетических объектах;
- полнота набора функциональных возможностей АРМ оператора (от ввода/вывода с удаленных УСО до документирования);
- универсальная модель обработки и представления информации, основанная на непроцедурном языке технологического программирования.

### ***Программное обеспечение сетевых каналов обмена данными***

Распределенная структура системы увеличивает ее зависимость от работы сетевых каналов, что усиливает требования к надежности и производительности работы сети. В **ТкА** повышение эффективности сетевого обмена является предметом постоянного внимания – при появлении новых технических средств их поддержка оперативно включается в новые версии ПО. **ТкА** обеспечивает эффективную работу в двух наиболее распространенных типах сетей: Ethernet и RS-485.

При включении в состав системы нескольких десятков контроллеров и значительной взаимосвязанности управляемых ими участков технологического процесса интенсивность сетевого обмена может превысить возможности даже сети Fast Ethernet, поэтому для обеспечения скорости реакции системы в соответствии с [3] и [4] в ПТК «САРГОН» используются сетевые протоколы с расширенными возможностями передачи данных, включая групповые имена и многоуровневую адресацию узлов сети. Специальная поддержка предусмотрена также для резервирования сети – оба канала Ethernet контроллера (основной и резервный) постоянно находятся в работе, при прохождении сообщения по любому из них оно будет обработано, а при многократном расхождении в сообщениях по каналам диагностируется необходимость проведения восстановительных работ.

Для достижения высоких скоростей обмена по каналам RS-485 (со временем опроса менее 5 мс/модуль) порты интерфейсов также должны обслуживаться эффективными программными драйверами. В **ТкА** реализован целый комплекс мер по повышению быстродействия

последовательных интерфейсов:

- чтение/запись данных производится асинхронно с выполнением технологических программ – выполнение не приостанавливается до получения ответа на запрос;
- производится буферизация передаваемых данных;
- драйвер нескольких портов обслуживается отдельным потоком операционной системы, что обеспечивает устойчивость работы порта и не мешает работе других при сбоях;
- постоянно ведется диагностика работоспособности канала связи.

Программное обеспечение обмена по RS-485 рассчитано на одновременную обработку большого количества каналов ввода-вывода, что необходимо для резервирования каналов, повышения скорости опроса модулей и организации нескольких гальванически независимых ветвей сети.

## 1.2 Средства разработки

Как уже указывалось, все средства разработки «САРГОН» построены на единой реляционной базе данных, из которой, в итоге, генерируется документация и программные модули реального времени, загружаемые в контроллеры и компьютеры АРМ. Комплекс обеспечивает многопользовательский режим работы с базой данных, поддерживает отслеживание версий, экспорт/импорт данных и т.п.

### 1.2.1 Система технологического программирования TkAprog

Предназначена для составления технологических программ и отладки алгоритмов функционирования типовых программных модулей.

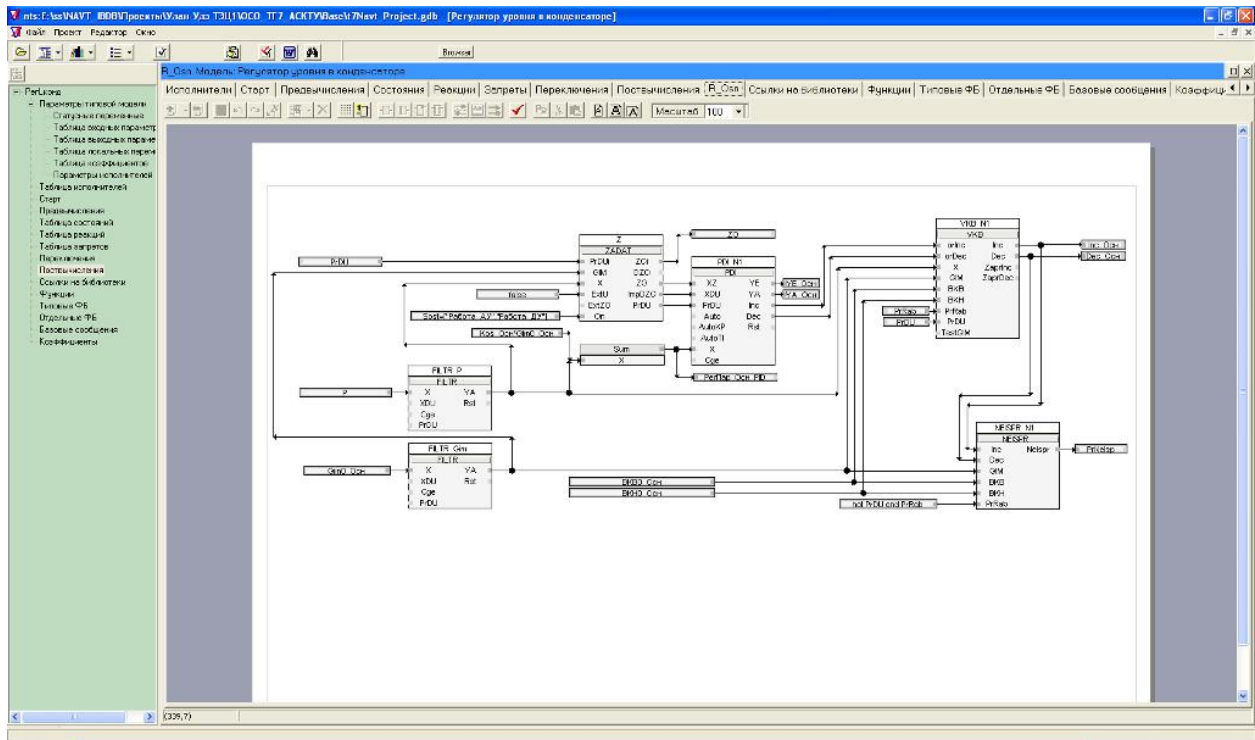
Система технологического программирования выполняет следующие основные функции:

- создание и редактирование типовых алгоритмов объекта автоматизации любой сложности;
- создание и редактирование библиотеки типовых компонентов программной системы;
- автоматическая компиляция типового программного модуля с получением объектного файла для управления объектом автоматизации в режиме реального времени;
- контроль непротиворечивости и целостности информации о всех типовых программных модулях проекта;
- автоматическое отслеживание изменений, вносимых в типовые модули и компоненты, во всех разделах проекта;
- выдача документации по проекту.

TkAprog имеет следующие важные преимущества:

- разработка типовых алгоритмов производится по объектной технологии с минимизацией этапа программного кодирования и возможностью многократного использования типовых компонентов;
- используемый непроцедурный язык технологического программирования обеспечивает представление большей части программы в виде наборов диаграмм и таблиц, естественных для технологов-энергетиков;
- использование встроенного в фирменное ПО механизма диспетчеризации приоритетов команд, блокировок и запретов позволяет существенно упростить тексты программ путем явного указания приоритета для конкретного действия или ограничения;
- возможность использования готовых компонентов, реализованных на других языках.

Важным достоинством TkAprog является независимость технологических программ от распределения по контроллерам, что позволяет создавать типовые программы для широкого класса объектов управления. Особенно актуальна эта особенность для распределенных систем.



ТкАprog комплектуется библиотеками двух типов: библиотекой типовых программных блоков (ПИД-регулятор, линейаризация, фильтр, дифференциатор и т.п.) и библиотекой типовых программных объектов (задвижка, насос, аналоговый параметр и т.п.). Библиотека основных математических и строковых функций встроена в код ТкАprog

Начиная с версии 6.0 в ТкАprog реализована полная поддержка языков FBD и ST стандарта IEC-61131-3. Диаграммы и структурированные тексты эффективно интегрированы в структуры не процедурного языка, но если кто-то из пользователей не желает пользоваться его преимуществами, то может написать весь программный модуль на стандартном FBD.

### 1.2.2 Система автоматического конфигурирования ТкАconf

Предназначена для создания и сопровождения проектов АСУТП, ведения описывающих их баз данных, автоматизации процесса проектирования и отслеживания изменений, вносимых в АСУТП в процессе наладки и эксплуатации.

Система автоматического конфигурирования выполняет следующие основные функции:

- создание и ведение единой базы данных проекта АСУТП;
- контроль непротиворечивости и целостности информации о проекте;
- автоматическое отслеживание изменений, вносимых в элементы, во всех разделах проекта;
- организация многопользовательского доступа к базе данных проекта с координацией действий пользователей;
- мультипроектная разработка с автоматизированным межпроектным копированием содержательно-связных блоков информации (проекта в целом, управления конкретным технологическим узлом, управления с конкретного контроллера и т.п.);
- создание и ведение общесистемных справочников, информация из которых может использоваться во всех проектах АСУТП;
- автоматизация процесса проектирования, включая автоматическую генерацию конфигураций ПО всех вычислительных узлов АСУТП;
- выдача документации по проекту привязки ПТК, генерация связей с графической САПР в части КИПиА.



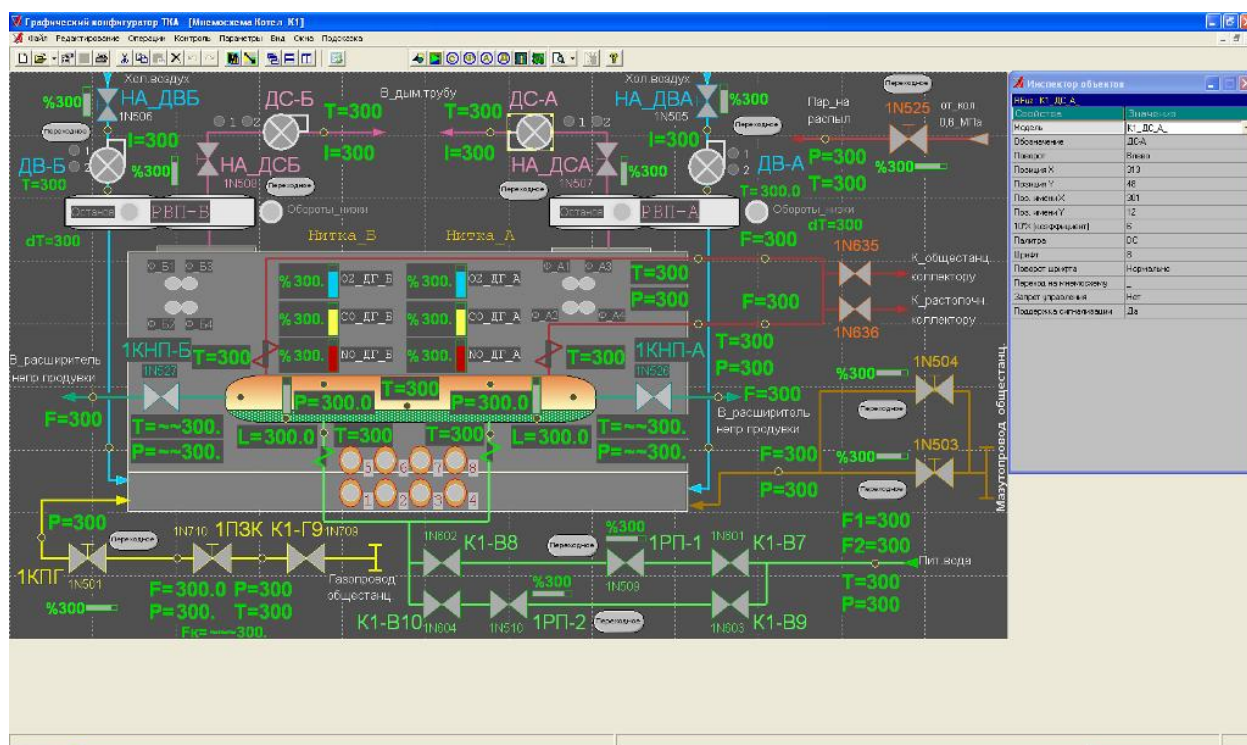


### 1.2.3 Графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw

Предназначен для создания мнемосхем и типовых мнемоокон проекта, планирования размещения постоянных окон на экране монитора.

Графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw выполняет следующие основные функции:

- создание мнемосхем и других постоянных мнемоокон проекта;
- планирование размещения постоянных окон на экране монитора;
- создание всплывающих объектных окон, конфигурируемых для класса, типа и конкретных объектов;
- динамизация элементов мнемосхемы путем связывания изображения элемента с соответствующим ему объектом базы данных проекта;
- автоматическая генерация выходных графических форм;
- анализ корректности мнемосхем - проверка правильности ссылок на базу данных и другие мнемоокна;
- анализ полноты набора мнемосхем – формируется перечень технологических объектов базы данных, не отображенных ни на одной мнемосхеме проекта;
- выдача документации по проекту.



Графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw имеет следующие достоинства:

- единообразный редактор графических мнемоокон различного типа: мнемосхем, титульного окна, окон индикаторов и главных параметров, объектных окон моделей и др.;
- встроенный планировщик размещения постоянных окон на экране, обеспечивающий удобство редактирования их размеров и взаимного расположения;
- возможность редактирования вида и содержания типовых всплывающих окон;
- возможность гибкой подстройки интерфейса под требования пользователя путем использования типовых элементов и библиотечных наборов типовых схем их изображения – палитр (например, поменять цвета изображения «включенного» и «отключенного» Выключателя с красного на зеленый на всех мнемосхемах проекта можно путем изменения двух чисел в палитре Выключателя);
- возможность использования импортируемых изображений, в том числе, трехмерных, и мультипликации.

Особенностью конфигуратора, особенно важной при создании распределенных систем,

является независимость мнемосхем от размещения программных объектов по контроллерам. Например, при переключении шкафа удаленных модулей УСО на другой контроллер в мнемосхемы не придется вносить никаких изменений.

### 1.3 Средства настройки и тестирования

Программно-технический комплекс распределенной АСУТП энергоблока включает несколько сотен микропроцессорных устройств, объединенных многоуровневой вычислительной сетью. Наладка и обслуживание такой системы являются сложными инженерными задачами. Дополнительные трудности в распределенной системе создает размещение большинства шкафов ПТК в зонах, не обеспечивающих комфортных условий для сервисных работ.

Необходимой частью ПО современного ПТК является развитая сервисная система, обеспечивающая постоянный мониторинг состояния основных компонентов ПТК, их тестирование и настройку с АРМ инженера АСУТП.

В состав ПТК «САРГОН» включен целый комплекс средств оперативного контроля, наладки и тестирования ПТК:

- тестовые средства, встроенные в систему реального времени;
- комплекс глубокого тестирования аппаратных средств ПТК «САРГОН» (до модуля и канала ввода-вывода);
- специализированные средства наладки ответственных подсистем АСУТП (например, системы регулирования).

Более подробное рассмотрение средств настройки и тестирования – тема одной из следующих статей о ПТК «САРГОН».

### Выводы

Программное обеспечение является важнейшей частью современного ПТК.

Создание распределенных систем ответственного управления требует соответствующей поддержки со стороны программного комплекса.

Сочетание в ПО «САРГОН» современных технологий системного программирования с многолетним опытом применения комплекса обеспечило полноту, гибкость и эффективность его использования в АСУТП ответственных производств.

*Владимир Анатольевич Менделевич – канд. физ.-мат. наук, генеральный директор ЗАО «НВТ-Автоматика».*  
Телефон (495) 361-23-34.  
E-mail: [mail@nvtav.ru](mailto:mail@nvtav.ru)

### Список литературы:

1. Менделевич В.А. «САРГОН-6.5» – торжество распределенных систем – Автоматизация и ИТ в энергетике, №03, 2010.
2. Менделевич В.А., Волкова И.С. Программно-технический комплекс «САРГОН-6» - Промышленные АСУ и контроллеры, №11, 2003.
3. РД 153-34.1-35.127-2002 Общие требования к программно-техническим комплексам для АСУТП тепловых электростанций // СПО ОРГРЭС. 2002.
4. РД 153-34.1-35.137-00 Технические требования к подсистеме технологических защит, выполненных на базе микропроцессорной техники // СПО ОРГРЭС. 2000.
5. Кауфман И.Х. Исполнительная система реального времени ТкА6.5 для распределенных АСУТП на базе ПТК «САРГОН». // Москва, Промышленные АСУ и Контроллеры. №3 2009.
6. А.С. ИГНАТЬЕВ Создание распределенных систем управления на базе высокоскоростного последовательного интерфейса// Москва, Промышленные АСУ и Контроллеры. №12 2008