

Г.Лазарев, В.Грот

АСКУ СВТ

***Адаптивная система контроля
и управления средствами
вычислительной техники***

2013 г

Книга посвящена современным подходам к созданию программного обеспечения адаптивных систем контроля и управления средствами вычислительной техники (АСКУ СВТ). Понятие «контроль и управление средствами вычислительной техники» включает в себя контроль и управление состоянием, процессами сбора, анализа, классификации и устранения возникающих неисправностей СВТ.

АСКУ представляет собой адаптивный программный продукт широкого применения, имеющий в своем составе инструментарий, посредством которого за короткий период времени можно создать СИСТЕМУ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ для различных по своему составу и назначению комплексов СВТ.

АСКУ предназначена для применения как в небольших комплексах СВТ, так и в крупных многоуровневых территориально распределенных системах.

Предлагаемый подход к проектированию функций АСТУ, для заданных комплексов СВТ, позволяет специалистами в области автоматизируемых процессов описывать конечную систему в интерактивном режиме на проблемно-ориентированном языке, не требующего знания языков программирования .

СОДЕРЖАНИЕ

I. ВВЕДЕНИЕ	6
II. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	10
2.1. Цель работы	10
2.2. Структурная схема АСКУ	11
2.3. Основные понятия	12
III. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ	14
3.1. Разделение работ с системой автоматизации и объектами автоматизации	15
3.2. Единый принцип идентификации	15
3.3. Наложение ограничений на отображение графических объектов на мнемосхемах	15
3.4. Формирование интегральных состояний объектов автоматизации	17
3.4.1. Метод таблиц решений	17
3.4.2. Виды представления состояний входящих параметров в векторах состояний ТК	21
3.4.3 Статус входящих параметров ТК	23
3.4.4. Описание векторов состояний ТК	25
3.5. Организация подсистемы обмена данными, используя идеологию ОРС-серверов АСУ ТП.....	28
3.6. Интерактивность АСКУ	31
IV. ПОДСИСТЕМА КОНФИГУРИРОВАНИЯ АСКУ	32
4.1. Рабочий стол подсистемы ПСК	32
4.2. Функции формирования дерева проекта	34
4.3. Тиражирование фрагмента дерева проекта	35
4.4. Функции описания объектов автоматизации	36
4.4.1. Описание мнемосхем	37
4.4.1.1. Описание графических объектов	37
4.4.1.2. Правила подсветки окон состояния	39

4.4.1.3. Сборка мнемосхем из графических объектов	41
4.4.1.4. Описание соединений графических объектов	42
4.4.1.5. Тиражирование мнемосхем	44
4.4.2. Описание технологических карт	45
4.4.2.1. Настройка на входящие параметры ТК	45
4.4.2.2. Формирование векторов состояний ТК	47
4.4.2.3. Тиражирование описаний ТК	49
4.4.3. Паспорт параметра ОА и связывание объектов автоматизации и каналов доступа	50
4.5. Команды оператора	52
4.5.1. Словарь команд оператора	52
4.5.2. Меню команд оператора	53
4.6. Автономная отладка правильности конфигурирования	54
V. ПОДСИСТЕМА ОБМЕНА ДАННЫМИ	56
5.1. Принципы работы ПСОД	56
5.2. Состав и информационные связи ПСОД	57
5.3. Конфигурирование ПСОД	59
5.3.1. Описание групп ОД-переменных	59
5.3.2. Описание ОД-переменных	63
5.3.2.1. Регистровая ОД-переменная	63
5.3.2.2. Типизированная ОД-переменная	64
5.3.2.3. Транзитная ОД-переменная	64
5.3.2.4. Паспорт ОД-переменной	64
5.4. Модуль ввода состояний	65
5.4.1. Процесс выдачи запроса	68
5.4.2. Обработка входных сообщений	68
5.4.3. Использование ПСОД в случае подключения устройств через OPC-сервер	69
5.5. Команды оператора	70
5.5.1. Команды организационного управления	70
5.5.2. Управление состоянием объектов автоматизации	71
5.5.3. Обработка групповых команд	72
5.6. Межобъектовый обмен сообщениями	74

VI. ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПОДСИСТЕМА	76
6.1. Режимы работы	76
6.1.1. Автономная работа ПТУ с имитатором состояний	77
6.1.2 Обмен сообщениями между ПТУ	79
6.2. Главное меню	81
6.3. Включение и отключение режима мониторинга объектов автоматизации проекта	83
6.4. Вложенность мнемосхем и навигация	85
6.5. Команды оператора	86
6.6. Примеры управления отображением состояний ОА	87
6.7. Исторический архив состояний	89
VII. ЭКСПЕРТНАЯ ПОДСИСТЕМА	91
7.1. Основные концепции	91
7.2. Структура экспертной подсистемы	91
7.3. Структура базы знаний	93
7.4. Основные компоненты и функции экспертной подсистемы	94
VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
ТЕРМИНОЛОГИЯ	99
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Встраиваемые вычислительные выражения	101

I. ВВЕДЕНИЕ

Сложность и разноплановость задач, возлагаемых на *Системы контроля и управления (СКУ)* многочисленным парком современных средств вычислительной техники и создаваемыми на их основе комплексами научного, хозяйственного и специального назначения предопределяет участие в создании и эксплуатации СКУ специалистов разной профессиональной ориентации, что требует при разработке таких систем решать проблему разделения функций между разработчиками и формализации взаимодействия между ними.

Чтобы не повторялась каждый раз при разработке сложной системы библейская история с *вавилонской башней*, необходимо решать проблемы стандартизации разрабатываемого программного обеспечения, структуризации и унификации реализуемых функций с возможностью настройки на изменяющиеся требования в рамках заданной предметной области.

Сегодня, в условиях всё более возрастающей доли программного обеспечения (ПО) в затратах на создание конечной системы и, соответственно, всё большей интенсификации труда программистов, варианты с непосредственным программированием относительно привлекательны лишь для простых систем или небольших фрагментов большой системы, для которых нет стандартных решений или они не устраивают по тем или иным причинам в принципе. В любом случае, процесс разработки собственного ПО важно упростить, сократить временные и прямые финансовые затраты на разработку ПО, минимизировать затраты труда программистов, привлекая к созданию систем специалистов **(технологов)** в области автоматизируемых процессов.

Опыт разработки подобных систем показывает, что в процессе эксплуатации может меняться, как номенклатура вычислительных средств, так и алгоритмы их контроля и управления. Таким образом, возникает проблема разработки гибких инструментальных средств, позволяющих технологам в короткие сроки *проектировать* и отлаживать специализированные СКУ с возможностью перенастройки на различные конфигурации средств вычислительной техники (СВТ).

Примером может служить развитие технологий разработки ПО АСУ ТП (принципы разработки которого были учтены при разработке *АСКУ СВТ*), где предполагается все большее *разделение труда* между программистами и технологами, которые хорошо представляют предметную область.

Вначале технологи выдавали только техническое задание на разработку программного обеспечения АСУ **ТП** в виде набора протоколов по контролю и управлению объектами автоматизации. Программисты реализовывали узкоспециализированную систему в соответствии с полученным заданием. При изменении конфигурации средств автоматизации, состава или свойств объектов автоматизации программа кардинально переделывалась или разрабатывалась заново.

По мере усложнения разрабатываемых АСУ, для сокращения накладных расходов на модернизацию программного обеспечения, при разработке программы стали закладывать механизмы по перенастройке программного обеспечения вводом конфигурационных параметров.

Дальнейшее развитие технологии разработки ПО АСУ ТП шло по пути обобщения основных компонент программного

обеспечения, выработке стандартов по подключению внешнего оборудования, введения механизма настройки конфигурации и свойств средств и объектов автоматизации по всем компонентам, организующим АСУ.

В подобных системах роль технолога стала определяющей в части адаптации функций ПО АСУ под конкретную конфигурацию объектов автоматизации.

Программисты предоставляют для создания подобных систем инструментальные средства, с помощью которых технологи могут описывать:

- конфигурацию средств автоматизации создаваемой системы;
- состав и свойства объектов автоматизации;
- правила опроса и обработки контролируемых параметров и событий;
- мнемосхемы, диагностические и аварийные сообщения, отчеты, графики, гистограммы и т.п.;

Разрабатываемый инструментарий по технологии реализации АСУ ТП можно разделить на два класса:

- параметрический,
- объектно-ориентированный

В зависимости от класса инструментария порядок и технология разработки проекта сильно отличается.

В параметрической системе в качестве учетной единицы используется *контролируемый параметр* (канал доступа к контрольной точке), а в объектно-ориентированной системе в качестве учетной единицы используется *объект автоматизации*. Это

принципиальное отличие и влияет на уровень технологичности процессов проектирования в обоих классах систем.

Отсутствие привязки контролируемых параметров к объектам автоматизации в *параметрических системах* ухудшает наглядность систем, усложняет освоение такой системы и не позволяет реализовать принцип масштабируемости, т.е. вести разработку от простого к сложному, поскольку описание проекта представляет собой единое целое.

Полнофункциональный объект, представляющий проект в миниатюре в *объектно-ориентированных системах*, позволяет сохранять любой объект в архиве типовых описаний и в последствии использовать это описание в проектах более высокого уровня. Это хорошо согласуется с требованиями *масштабируемости и адаптивности* при построении системы:

- в начале создаются отдельные проекты на объекты автоматизации нижнего уровня;
- созданные проекты запоминаются;
- затем типовые объекты могут быть выбраны и оттиражированы в структурах более высокого уровня;
- в свою очередь эти структуры могут быть также сохранены и затем использованы.

При разработке адаптивной *системы контроля и управления СВТ* **предлагается** ориентироваться на принципы построения объектно-ориентированной системы в среде операционной системы ЛИНУКС, с использованием СУБД MySQL.

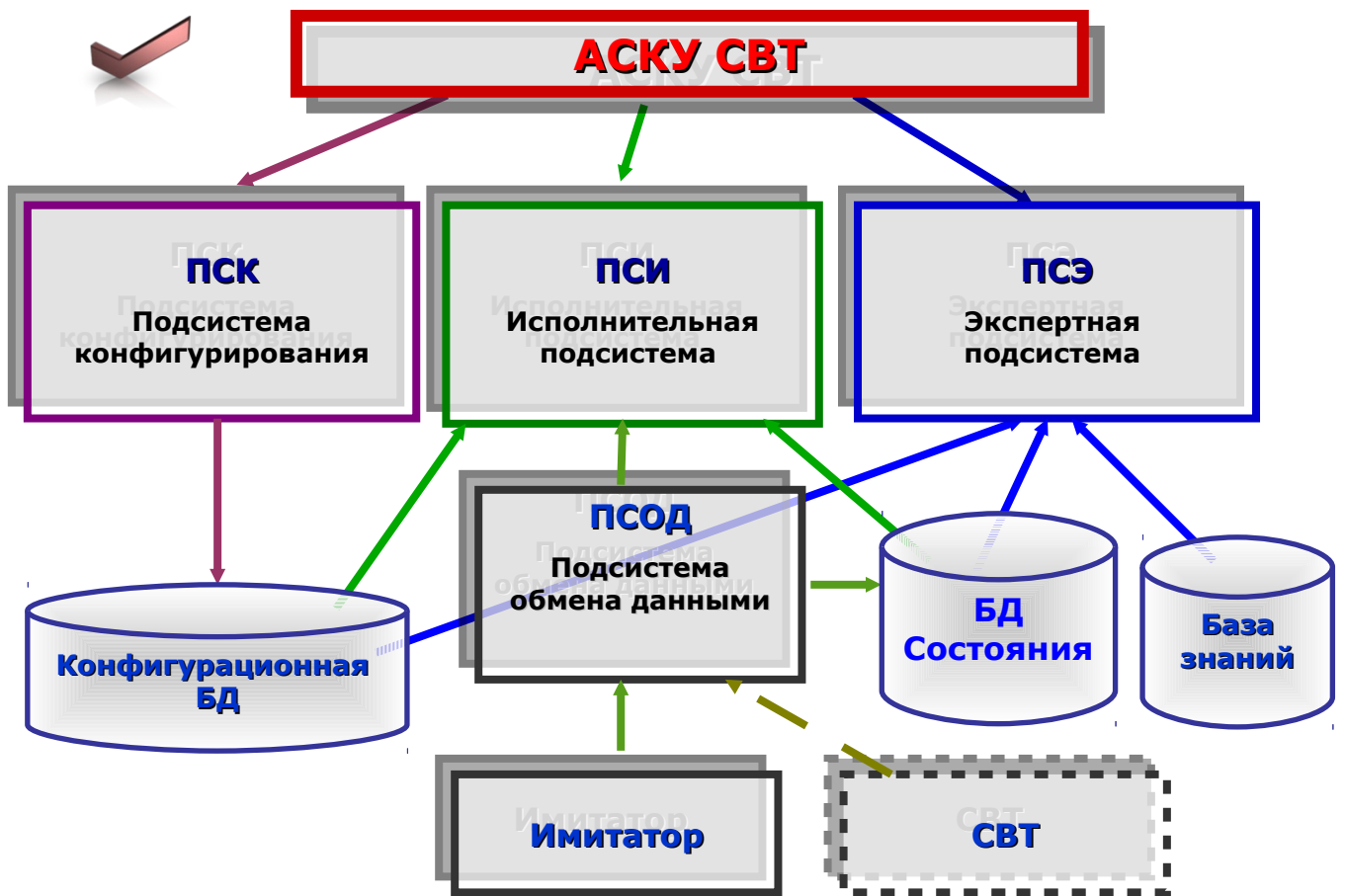
II. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Цель работы

Сформулируем основные требования к процессу разработки программного обеспечения *Адаптивной системы контроля и управления (АСКУ)*:

- Повысить эффективность проектирования СКУ в части:
 - ❑ *мониторинга многоуровневых комплексов технических систем;*
 - ❑ *выдачи рекомендаций по устранению аварийных ситуаций;*
- Заменить процесс программирования ПО конечной СКУ, для заданных комплексов, интерактивным формированием конфигурационной базы данных с использованием проблемно-ориентированной терминологии;
- Унифицировать функции исполнительной подсистемы, для любой проектируемой СКУ, за счет использования конфигурационной БД;
- Обеспечить сравнительные сроки разработки ПО СКУ:
 - ❑ разработка ПО АСКУ широкого применения в полном объеме – 2-3 года;
 - ❑ процесс адаптации ПО АСКУ, для заданных комплексов СВТ - 2-3 месяца.

2.2. Структурная схема АСКУ СВТ



ПСК - Подсистема конфигурирования

Обеспечивает настройку системы на функционирование в условиях конкретных объектов автоматизации.

ПСИ - Исполнительная подсистема

Обеспечивает интерфейс взаимодействия с оператором СКУ в соответствии с конфигурационными параметрами.

ПСОД - Подсистема обмена данными

Программные средства, организующие обмен данными с контролируруемыми техническими средствами и другими операторами системы.

ПСЭ - Экспертная подсистема

Обеспечивает эффективность эксплуатации за счет автоматизации процессов восстановления работоспособности объектов автоматизации.

Имитатор - Программные средства для имитации состояний контролируемых параметров объектов автоматизации.

2.3. Основные понятия

- **АСКУ СВТ** – инструментальная Адаптивная система контроля и управления средствами вычислительной техники;
- **СКУ** – конечная система контроля и управления, для конкретной конфигурации комплексов объектов автоматизации;
- **Объекты автоматизации (ОА)** – контролируемые/управляемые технические средства вычислительной техники, а также комплексы и АСУ в целом;
- **Проект** – как СКУ, понятие используется в процессе конфигурирования;
- **ПТУ** – пункт технологического управления;
- **Средства автоматизации (СА)** – технические средства, обеспечивающие мониторинг контролируемых ОА;
- **Контролируемые параметры** объектов автоматизации;
- **Иерархическое имя** объекта автоматизации или контролируемого параметра;
- **Канальный адрес (КА)** – тракт доступа к контролируемому параметру объекта автоматизации
- **УГО** (унифицированный графический объект) – визуальный эквивалент ОА на мнемосхеме;
- **Окна состояний** УГО – визуальные эквиваленты контролируемых параметров объектов автоматизации на мнемосхеме;
- **Интегральное состояние** объекта автоматизации (ИСО), формируемое методом таблиц решений по текущим состояниям входящих контролируемых параметров;

- **Технологическая карта (ТК)** – таблица БД, описывающая возможные состояния совокупности контролируемых параметров объектов автоматизации и интегральных состояний входящих объектов автоматизации по методу таблиц решений;
- **Команды оператора** – средства интерактивного воздействия со стороны оператора на работу конкретного ОА и его входящих ОА;
- **Команды установки групп состояний** для объектов автоматизации, объединенных в группу заданным критерием отбора

III. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ

- **Разделение работ** с системой (средствами) автоматизации и объектами автоматизации;
- **Единый принцип идентификации;**
- **Объектный подход** при проектировании СКУ;
- **Интуитивно-понятный интерфейс** с оператором;
- **Разработка сценариев без программирования;**
- **Типизация и тиражирование** проектных решений;
- **Наложение ограничений на изображение** графических объектов на мнемосхемах с целью унификации процедур обработки;
- **Формирование интегральных состояний** объектов автоматизации и визуального состояния любого параметра объекта автоматизации по технологическим картам;
- **Организация подсистемы обмена данными,** в соответствии основными принципами построения OPC-серверов АСУ ТП
- **Интерактивность АСКУ**
- **Связь** между конфигурационной и исполнительной подсистемами осуществляется только через конфигурационную базу данных.

3.1. Разделение работ с системой автоматизации и объектами автоматизации

Настройка *проекта* (адаптация) АСКУ на конкретную конфигурацию объектов автоматизации в объектно-ориентированной системе начинается с описания иерархических структур данных:

- дерева средств автоматизации
- дерева объектов автоматизации

Полная независимость иерархической модели средств автоматизации от объектов автоматизации позволяет создавать их в любом порядке, а затем связывать друг с другом.

3.2. Единый принцип идентификации

В системе заложен **единый принцип идентификации** объектов автоматизации, контролируемых параметров, наименований мнемосхем, технологических карт и т. п., с использованием иерархических имен, формируемых при автоматизированном построении дерева проекта. Это значительно упорядочивает и упрощает разработку и **адаптацию** АСКУ.

3.3. Наложение ограничений на изображение графических объектов на мнемосхемах

В системе заложен единый принцип мониторинга состояний, как технических средств, так и программных компонент.

На Рис. 3.1 приведен рекомендуемый формат УГО изображений подсистем КСА или отдельных ТС, а также подсветки

основных окон состояний и интегрированных состояний УГО, учитывающих особенности графики в системах СКУ.

На Рис. 3.2 приведен рекомендуемый формат УГО изображений программных компонент, а также подсветки основных окон состояний и интегрированных состояний УГО, учитывающих особенности графики в системах СКУ.

Наложенные ограничения на изображения графических объектов позволяют унифицировать процесс описания мнемосхем и дают наглядное изображение текущих состояний контролируемых параметров объектов автоматизации.

Рис. 3.1 Формат отображения состояний подсистем КСА или отдельных ТС

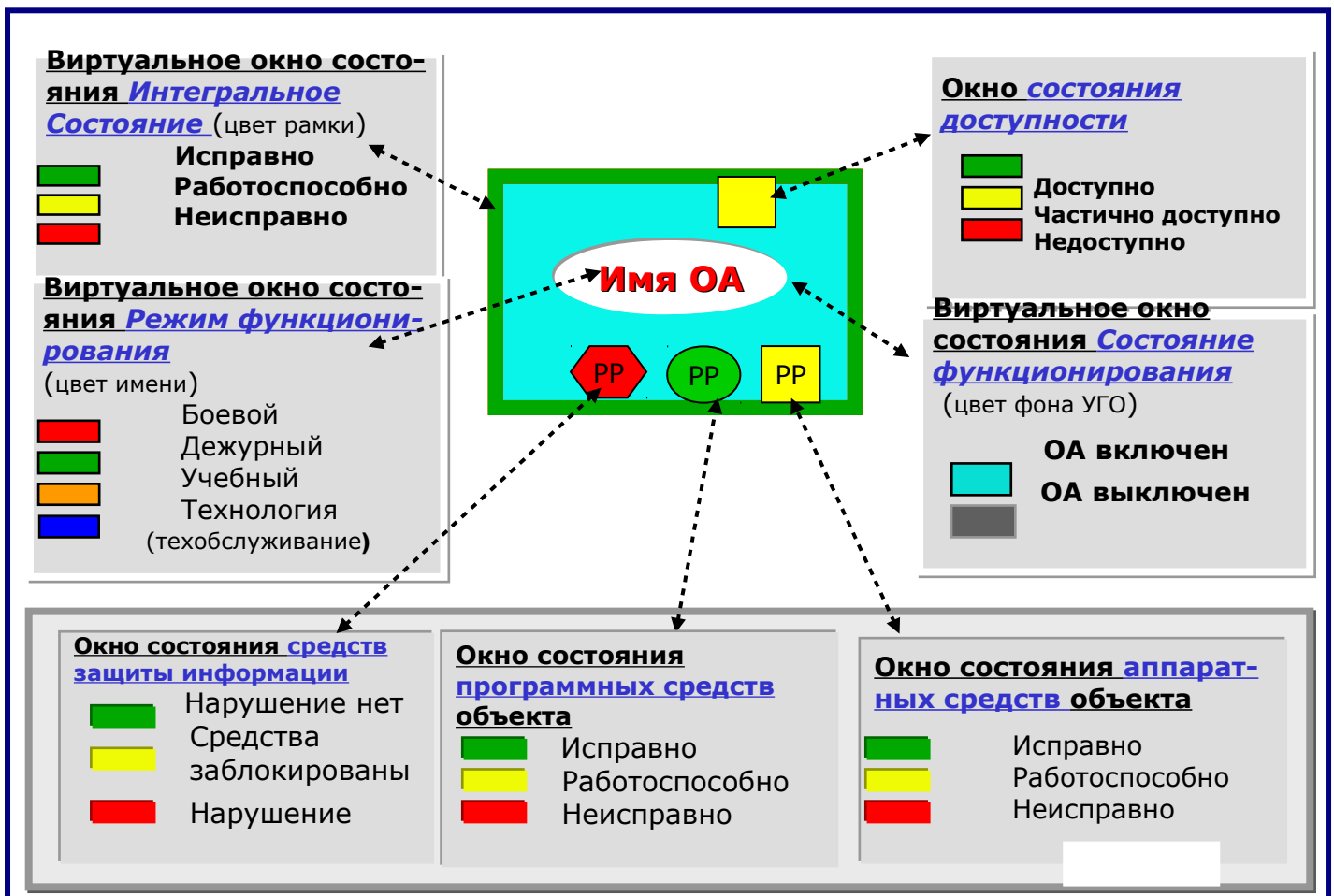
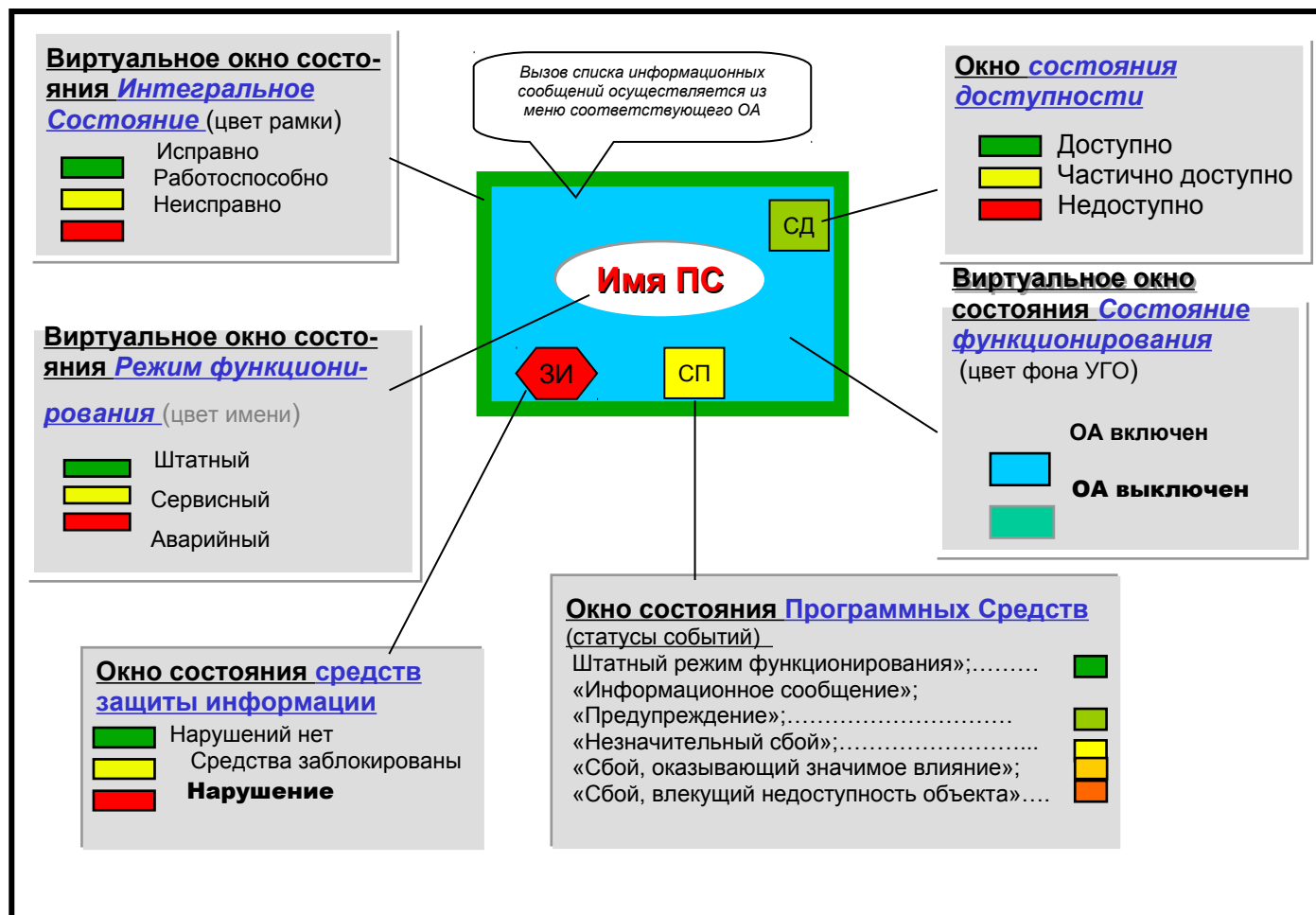


Рис. 3.2 Формат отображения состояний программных компонент

3.4. Формирование интегральных состояний объектов автоматизации

3.4.1. Метод таблиц решений

Чтобы не разрабатывать под каждую конфигурацию контролируемых объектов автоматизации (ОА) отдельную программу необходимо выбрать гибкий алгоритм контроля и управления объектами автоматизации, позволяющий настраиваться на любую номенклатуру контролируемых объектов. При этом, технолог должен иметь возможность непосредственно влиять на процесс формирования и отладки алгоритмов управления ОА. В

идеале программист должен разработать *инструмент* для формирования конечных алгоритмов контроля и управления для технологов и предоставить им возможность моделирования алгоритмов.

Хорошим решением для реализации такого инструмента является *метод таблиц решений*. Таблица решений в классическом виде достаточно проста и удобна для работы с ней технологом, далеким от программирования, и при этом хорошо формализована для реализации программными средствами, задавая высокую степень стандартизации программы.

Конкретная форма, предлагаемая для представления алгоритмов контроля и управления объектами автоматизации по методу таблиц решений, в дальнейшем описании будет именоваться **Технологической Картой** (ТК), а исполнительные процедуры, указываемые в ТК, будут именоваться **Модулями Действия** (МД). Совокупность текущих состояний, режимов и т.п., требующая выполнения определенной цепочки МД, называется **Вектором Состояний** (ВС).

Будем различать два типа ТК:

- Контроль состояния объекта автоматизации через формирование интегрального состояния (ИСО) по текущему состоянию контролируемых параметров этого объекта автоматизации;
- Управление функционированием объектов автоматизации.

Формирование интегрального состояния ОА является основным способом осуществления мониторинга состояния

объектов автоматизации с целью сигнализации оператору об изменении состояния ОА или возникновении аварийной ситуации.

Управление функционированием подразумевает автоматическое дистанционное включение или отключение электропитания, инициализацию ОА в локально сети, изменение режимов работы ОА и т.п..

В системах технологического управления решение об изменении конфигурации контролируемых ОА и других операций управления принимает оператор на основании изменений ИСО объектов автоматизации. Используя механизм *команд оператора* он может интерактивно влиять на конфигурацию ОА. Поэтому мы в основном будем рассматривать ТК для формирования ИСО. ТК для управления функционированием объектов автоматизации рассмотрим для полноты картины.

На Рис. 3.3. приведен пример оформления ТК для формирования ИСО объекта автоматизации .

Исходя из принципа единства идентификации имя ТК совпадает с иерархическим именем соответствующего ОА в дереве проекта (дерево ОА). Имена контролируемых параметров объекта автоматизации или ИСО входящих ОА, указанные в левой колонке ТК, также выбираются из дерева проекта. Имена входящих параметров ОА идентифицируют соответствующие окна состояний, отображающих текущее состояние контролируемых параметров на мнемосхеме.

В правой части ТК по вертикали описаны возможные вектора состояний данного ОА, каждая ячейка которых заполняется шифром соответствующего состояния, указанного окна состояния.

В нижней строке указаны обозначения интегральных состояний для каждого вектора состояний (BC_i).

В колонке *Окно* указывается шифр соответствующего окна состояния.

Рис. 3.3. Пример ТК формирования **интегрального состояния** объекта автоматизации КТС.ПСФ.УМКСА-1.СЕРВЕР

ТК: КТС.ПСФ.УМКСА-1.СЕРВЕР

БД "Технологические карты" (исходный вид)

Входящие параметры	Окно	Ci	bc1	bc2	bc3	bc4	bc5	bc6	bc7	bc8
1 КТС.ПСФ.УМКСА-1.УДЦ-СЗ.исо	исо	1	И							
2 КТС.ПСФ.УМКСА-1.сф	сф-оа	2	ВКЛ	ВЫК						
3 КТС.ПСФ.УМКСА-1.СПД.исо	исо	3	И		Н					
4 КТС.ПСФ.УМКСА-1.СЕРВЕР.исо	исо	4	И			Н				
5 КТС.ПСФ.УМКСА-1.КОД.исо	исо	6	И					Н		
6 КТС.ПСФ.УМКСА-1.КММ.исо	исо	5	И				Н			
7 КТС.ПСФ.УМКСА-1.АРМ_3.исо	исо	7	И						Н	
8 КТС.ПСФ.УМКСА-1.АРМ_2.исо	исо	8	И						Н	
9 КТС.ПСФ.УМКСА-1.АРМ_1.исо	исо	9	И						Н	
10 ----- И С О -----	исо	99	И	ВЫК	АВАР	АВАР	АВАР	АВАР	АВАР	Р

В случае ТК **управления функционированием** ОА формат верхней части ТК полностью совпадает с форматом ТК для формирования ИСО объекта автоматизации.

В левой-нижней части ТК, в этом случае, перечислены все модули действия (МД), которые могут быть автоматически активизированы для любого вектора состояний.

В правой-нижней части ТК в каждой колонке против соответствующего BC проставляются порядковые номера МД, образующих цепочку МД, которую надо выполнить если в текущий

момент времени данный ВС является релевантным, т.е. заданные состояния совпадают с реальными.

Просмотр ВС осуществляется слева-направо. При заполнении области *векторов состояний* технологических карт надо учитывать следующие правила:

- Вектор состояний это совокупность возможных комбинаций состояний контролируемых параметров и ИСО входящих ОА, которые при определении релевантного ВС сравниваются с соответствующими текущими состояниями;
- Разные ВС связаны между собою по логическому условию ИЛИ (дизъюнкция);
- Состояния внутри одного вектора состояний связаны по логическому условию И (конъюнкция);

При формировании интегрального состояния будем исходить из трех возможных вариантов состояния:

И – исправен

Р – работоспособен

Н – неисправен

3.4.2. Виды представления состояний входящих параметров в векторах состояний ТК

При формировании векторов состояний в данном документе используются следующие виды представления состояний входящих параметров в исходной форме ТК:

- *Физическое* значение
- *Логическое* значение

Физическое значение – непосредственное числовое значение контролируемого параметра ОА.

Логическое значение

Наиболее часто в векторах состояний указывается не непосредственное значение состояния, а шифры, обозначающие привязку выделенных диапазонов значений физических состояний к функциональной принадлежности.

Например, если значение физического состояния не превышает некоторого верхнего порога значения, то это состояние *Исправно*, а если оно меньше заданного нижнего порога значения, то это состояние *Неисправно*. Если же физическое значение находится между значениями нижнего и верхнего порогов, то это состояние *Работоспособно*.

Эти функционально-ориентированные значения состояний называются *логическими* состояниями. При приеме новых физических состояний ОА им назначаются соответствующие значения логических состояний.

В исходной форме используется мнемоническое представление логических состояний в виде символьных имен (шифров), а в откомпилированной форме ТК используются числовые эквиваленты логических состояний (например: 1 – **Исправно**, 2 – **Работоспособно**, 3 – **Неисправно**).

Логическое состояние может формироваться с помощью встроенного арифметического выражения. Более подробное описание формирования встроенного арифметического выражения приведено в Приложении 1.

В векторах состояний ТК указывается заданное значение состояния параметра ОА, которое на этапе выполнения должно сравниваться с текущим значением состояния параметра на равенство обоих значений состояний.

Физическому или логическому состоянию в векторе состояний могут предшествовать символы "<" ">", указывающие на определение того факта, что текущее значение состояния должно быть меньше заданного состояния (<), или, соответственно, больше заданного состояния (>).

3.4.3. Статус входящих компонент ТК

Заполнение технологической карты начинается с заполнения левой-верхней части технологической карты, где перечисляются все иерархические имена контролируемых параметров ОА и входящих ОА. Эта информация может автоматически выбираться из схемы дерева проекта.

Для понимания важности входящих элементов ТК (ВХЩ – контролируемые параметры исходного ОА и ИСО входящих ОА) при определении работоспособности функционально законченного комплекса объектов автоматизации - каждому входящему контролируемому параметру или входящему ОА присваивается статус:

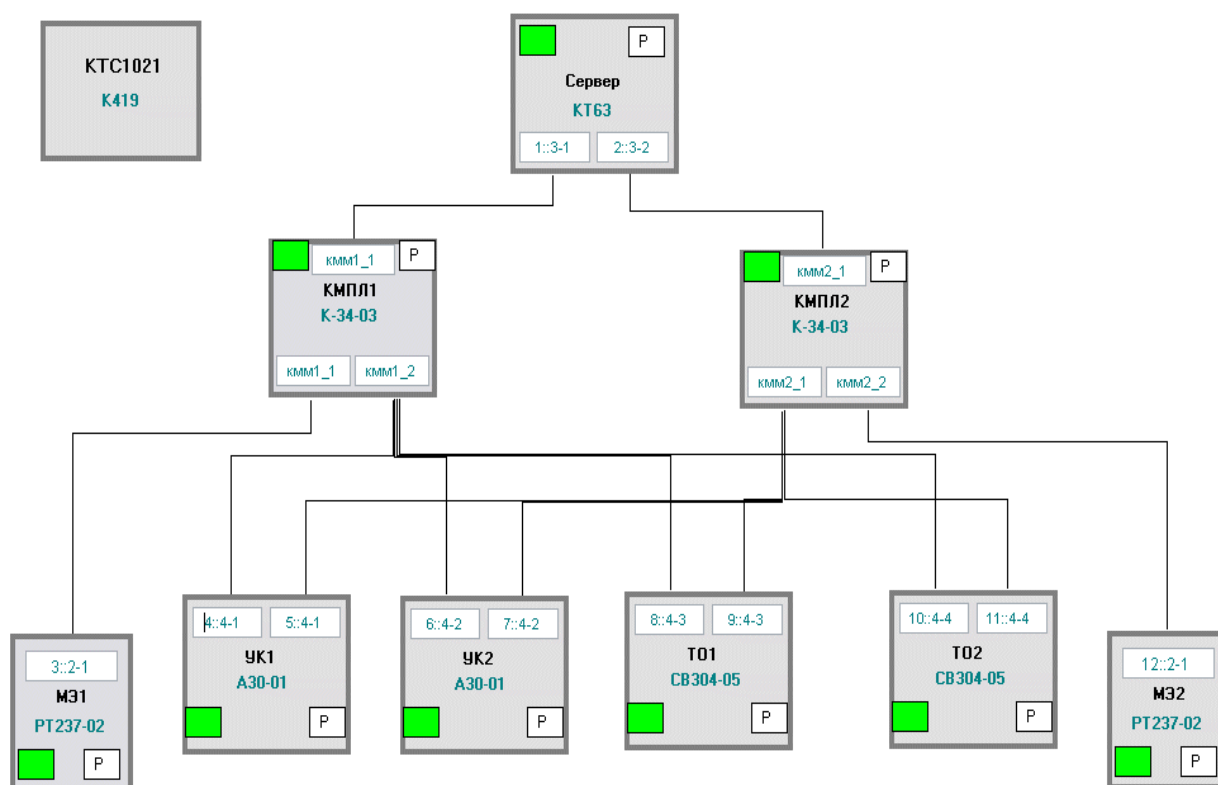
Статус	Примечание
И	Критичный ВХЩ , т.е. обязательно состояние Исправно
^N	Конъюнкция ВХЩ , относящихся к группе N (все параметры группы должны быть Исправны)
 N	Дизъюнкция ВХЩ , относящихся к группе N (хотя бы один параметр группы должен быть Исправен)
*	Не критичный ВХЩ , т.е. не влияет на

Работоспособность ТС верхнего уровня

Статус носит чисто справочный характер и предназначен для облегчения составления векторов состояний.

Рассмотрим статусы входящих ОА для формирования ИСО абстрактной схемы контролируемого комплекса технических средств (КТС1021), приведенной на Рис.3.4..

Рис. 3.4. Схема контролируемого КТС (КТС1021)



В рассматриваемой схеме статусы входящих в КТС1021 объектов автоматизации проставлены исходя из следующих соображений:

- Без СЕРВЕРА работоспособность КТС невозможна
- В КТС выделены две цепочки технических средств (основных и резервных):

- КМПЛ1, МЭ1, УК1, ТО1
- КМПЛ2, МЭ2, УК2, ТО2
- Выход из строя однотипных технических средств основной и резервной цепочки ОА приводит к неисправности КТС:
 - КМПЛ1 и КМПЛ2
 - МЭ1 и МЭ2
 - УК1 и УК2
 - ТО1 и ТО2

Таким образом, назначаем следующие статусы работоспособности КТС1021, входящим объекта автоматизации:

ОА	Статус	Пояснение
Сервер	И	Критичное состояние, т.е. обязательно состояние И справен
КМПЛ1	1	Дизъюнкция ТС 1-й группы
КМПЛ2	1	
МЭ1	2	Дизъюнкция ТС 2-й группы
МЭ2	2	
УК1	3	Дизъюнкция ТС 3-й группы
УК2	3	
ТО1	4	Дизъюнкция ТС 4-й группы
ТО2	4	

3.4.4. Описание векторов состояний ТК

После определения состава КТС1021 можно приступить к описанию векторов состояний, учитывая заданные статусы работоспособности входящих ОА. Совокупность или отдельные вектора состояний можно описать в виде булевой формулы.

При этом, будем использовать следующие обозначения:

И= формула описывает интегральное состояния Исправно;

Н= формула описывает интегральное состояния Неисправно;

Р= формула описывает интегральное состояния Работоспособно;

Исправно | **Неисправно** - используемые состояние ОА;

^ - логическое условие типа конъюнкция (И);

| - логическое условие типа дизъюнкция (ИЛИ).

Состояние **Исправно** для КТС предполагает исправность всех входящих технических средств:

$$\mathbf{I = \text{СЕРВЕР}(I) \wedge \text{КМПЛ1}(I) \wedge \text{КМПЛ2}(I) \wedge \text{МЭ1}(I) \wedge \text{МЭ2}(I) \wedge \text{УК1}(I) \wedge \text{УК2}(I) \wedge \text{ТО1}(I) \wedge \text{ТО2}(I)}$$

Состояние **Неисправно** соответствуют зеркально-противоположному описанию статусов работоспособности входящих ТС:

Н = СЕРВЕР(Н) 	<i>критичное состояние</i>
(КМПЛ1(Н) ^ КМПЛ2(Н)) 	<i>конъюнкция группы 1</i>
(МЭ1(Н) ^ МЭ2(Н)) 	<i>конъюнкция группы 2</i>
(УК1(Н) ^ УК2(Н)) 	<i>конъюнкция группы 3</i>
(ТО1(Н) ^ ТО2(Н))	<i>конъюнкция группы 4</i>

Состояние **Работоспособно** соответствует заданному статусу работоспособности входящих технических средств:

Р = СЕРВЕР(И) ^	<i>критичное состояние</i>
(КМПЛ1(И) КМПЛ2(И)) ^	<i>дизъюнкция группы 1</i>
(МЭ1(И) МЭ2(И)) ^	<i>дизъюнкция группы 2</i>
(УК1(И) УК2(И)) ^	<i>дизъюнкция группы 3</i>
(ТО1(И) ТО2(И))	<i>дизъюнкция группы 4</i>

Поскольку просмотр векторов состояний при поиске релевантного ВС производится слева-направо - целесообразно разместить векторы состояний, определяющие интегральное состояние *Исправно* и *Неисправно* вначале, т.е. левее векторов состояний интегрального состояния *Работоспособно*. При этом, описывать полностью булеву формулу интегрального состояния *Работоспособно* не имеет смысла, т.к. методом исключения исходный ОА будет *Работоспособен*, если все входящие устройства не соответствуют предыдущим векторам состояний.

В зависимости от заданных статусов работоспособности входящих параметров и ОА, соответственно и булевых формул, отображающих интегральное состояние, возможно изменение взаимного расположения и степени раскрытия векторов состояний для определения интегральных состояний *Неисправно* и *Работоспособно*.

В начале надо размещать вектора состояний, в которых меньшее количество логических связей типа дизъюнкция ИЛИ (\vee), и/или такие логические связи, которые охватывают более крупные конструкции входящих параметров, связанных логическим условием конъюнкция И (\wedge). В этом случае количество возможных сочетаний состояний и, соответственно, векторов состояний для более левых ВС будет значительно меньше, чем у второго интегрального состояния, для которого методом исключения можно отобразить только ВС с состоянием *исправно* для критичных входящих ОА.

Хотя, в рассматриваемом примере, количество логических связей типа ИЛИ для булевых формул формирования интегральных состояний *Неисправно* и *Работоспособно* одинаково (4), в первой

булевой формуле эти связи объединяют группы входящих ОА, а не отдельные ОА как в булевой формуле формирования интегрального состояния *Работоспособно*. Поэтому количество векторов состояний, для интегрального состояния *Неисправно*, всего 4, что значительно меньше сочетаний состояний, заданных в булевой формуле *Работоспособно*, которые должны учитывать все сочетания состояний по каждому входящему ОА.

3.5. Организация подсистемы обмена данными, используя идеологию OPC-серверов АСУ ТП

При разработке подсистемы обмена данными (ПСОД) будем ориентироваться на принципы построения OPC-серверов в системах проектирования программного обеспечения АСУ ТП, известных под аббревиатурой SCADA-системы (*Supervisory Control and Data Acquisition* – диспетчеризация сбора данных и управления), как наиболее прогрессивных. Кратко рассмотрим эти принципы.

OPC-сервер подключается к внешнему оборудованию через уже существующий драйверный интерфейс, организуя *единый* интерфейс сопряжение внешнего оборудования с ядром SCADA-системы и, как следствие, к независимости алгоритмов обмена данными от типа оборудования и протокола обмена.

Базовым понятием модели взаимодействия между клиентом и сервером является **элемент данных** (*переменная обмена данными* для хранения состояния контролируемого параметра).

Каждый элемент данных имеет:

- значение

- время последнего обновления
- признак качества

Значение может быть любого скалярного типа – булево, целое, плавающее с точкой и т.п. – или строкой.

Время представляется со 100-наносекундной точностью. Реальная точность измерения времени обычно бывает хуже и, в общем случае, зависит от реализации сервера и аппаратуры.

Качество – это код, содержащий в себе грубую оценку (не определено, хорошее и плохое), а на случай *плохое* – содержит также расшифровку (например, неисправность датчика).

Следующим вверх по иерархии является понятие **группы элементов**. Группа создается OPC-сервером по требованию клиента, который может добавлять в группу элементы. Для группы задается частота обновления данных, с которой сервер должен обновлять данные группы и передавать клиенту. Отдельно стоящих вне группы элементов быть не может. Клиент может создать на сервере несколько групп, различающихся требуемой частотой обновления. Для каждого клиента всегда создается своя группа (кроме так называемых публичных групп), даже если состав элементов и частота обновления совпадают. Отсоединение клиента приводит к уничтожению группы.

Элементы в группе – это клиентские ссылки на реальные переменные, находящиеся на сервере или физическом устройстве.

При конфигурировании OPC-сервера каждый элемент группы описывается в виде отдельной *переменной обмена данными* (ОД-переменной), которая указывает месторасположение и тип значения состояния, соответствующего параметра объекта

автоматизации, в поступающем из контроллера сообщении. Это позволяет унифицировать программы OPC-сервера по обработке входных сообщений независимо от протокола обмена данными. Данный механизм будем использовать в подсистеме обмена данными АСКУ.

Элементы в группу добавляются по иерархическому имени, определяющему канальный адрес (КА) доступа к контролируемому параметру объекта автоматизации. Клиент может либо знать нужные имена заранее, либо запросить список имен у сервера.

В объектно-ориентированных системах канальному адресу в соответствие ставится объектовый адрес соответствующего параметра.

Пример имени ОД-переменной: ***Устройство 1.Регистр5. Бит3***

3.6. Интерактивность АСКУ

Оператор может интерактивно влиять на работу системы с помощью команд оператора, выбираемых из меню текущего объекта автоматизации.

Перечень команд для каждого объекта автоматизации и соответственно для его графического эквивалента (УГО) может быть различным, но должен входить в перечень команд, заданных в словаре команд конфигурационной БД.

Рис. 3.5 Перечень возможных команд оператора



IV. ПОДСИСТЕМА КОНФИГУРИРОВАНИЯ АСКУ

Подсистема конфигурирования АСКУ (ПСК) обеспечивает настройку проекта на функционирование в условиях конкретных объектов автоматизации.

4.1. Рабочий стол подсистемы ПСК

На Рис. 4.1. приведен формат рабочего стола подсистемы конфигурирования СТУ.

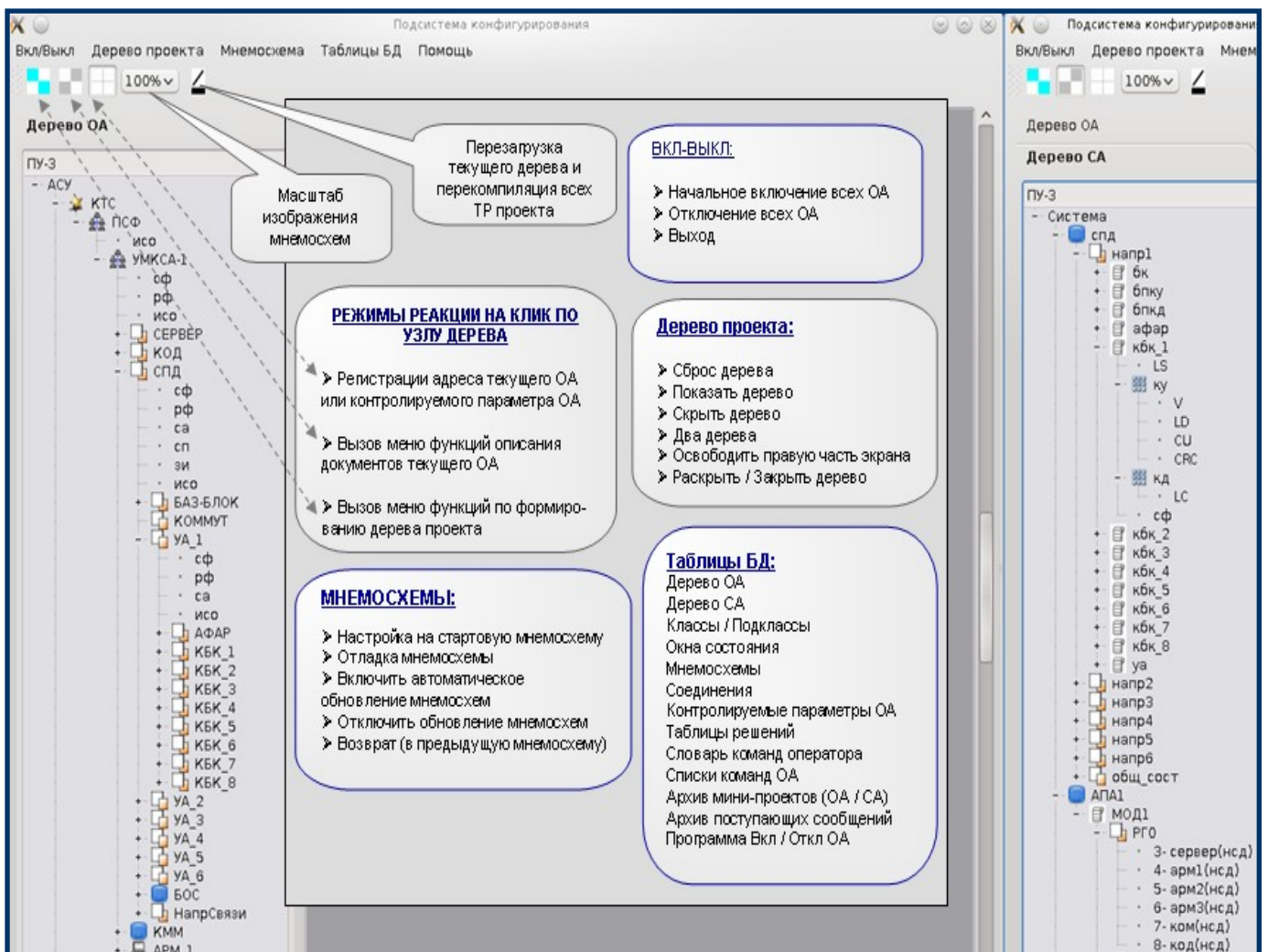
Основные компоненты рабочего стола ПСК:

- В верхней части экрана располагается горизонтальное меню, для активизации основных функций программы:
 - **Вкл-Выкл** — активизация функций по начальной установке состояний объектов автоматизации проекта или отключения процесса мониторинга этих объектов;
 - **Дерево проекта** – функции по загрузке и размещению дерева проекта на экране;
 - **Мнемосхема** – функции по настройке на мнемосхему проекта, отладочного отображения ее и организации автономного просмотра изменений состояний контролируемых параметров генерируемых с помощью имитатора;
 - **Таблицы БД** – функции просмотра и редактирования основных таблиц базы данных проекта;
- В следующей строке вниз после горизонтального меню расположен групповой переключатель, состоящий из трех взаимосвязанных кнопок для включения режима реакции программы на клик по любому узлу дерева проекта;

➤ В левой части экрана располагается окно для отображения дерева проекта. Проект конкретного изделия включает два дерева:

- Дерево объектов автоматизации;
- Дерево средств автоматизации.

Рис. 4.1. Формат рабочего стола ПСК



➤ Оба дерева отображаются в левой части рабочего стола в одном и том же окне и могут поочередно вызываться “кликанием” на панели **Дерево ОА** или **Дерево СА**. Первоначально при загрузке программы отображается **Дерево ОА**;

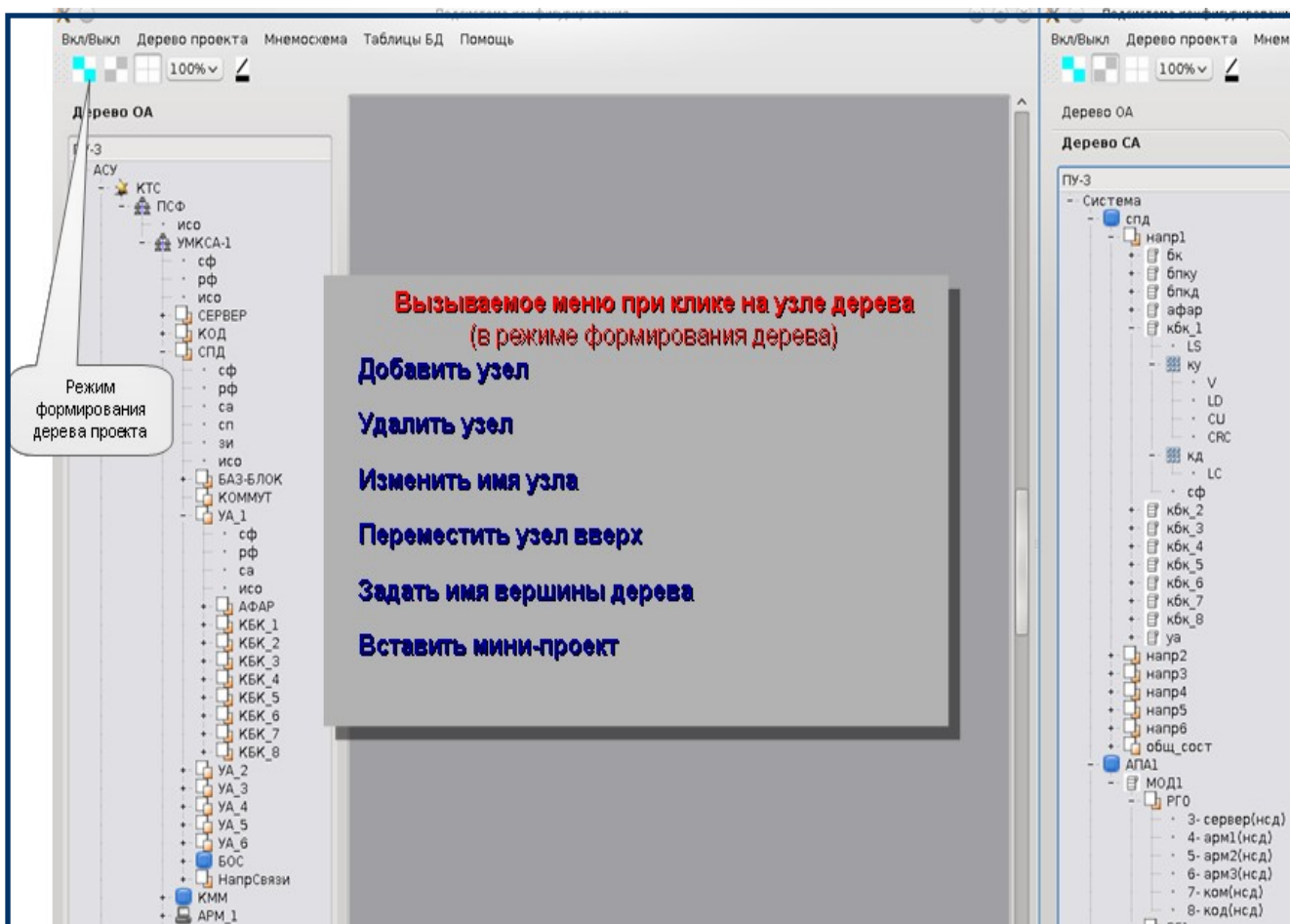
- Имеется возможность одновременного вывода обоих деревьев на экран;
- Деревья проекта можно убрать с экрана, чтобы освободить больше места для отображения мнемосхем.

В центральной части экрана располагается "сцена" для отображения мнемосхем

4.2. Функции формирования дерева проекта

Меню функций формирования текущего дерева проекта вызывается в *режиме формирования дерева проекта* при клике на любом узле дерева. В начальный момент существует вершина дерева с именем АСУ, от которого начинает строиться дерево. Достраиваться дерево может от любого узла.

Рис. 4.2. Меню функций формирования дерева проекта



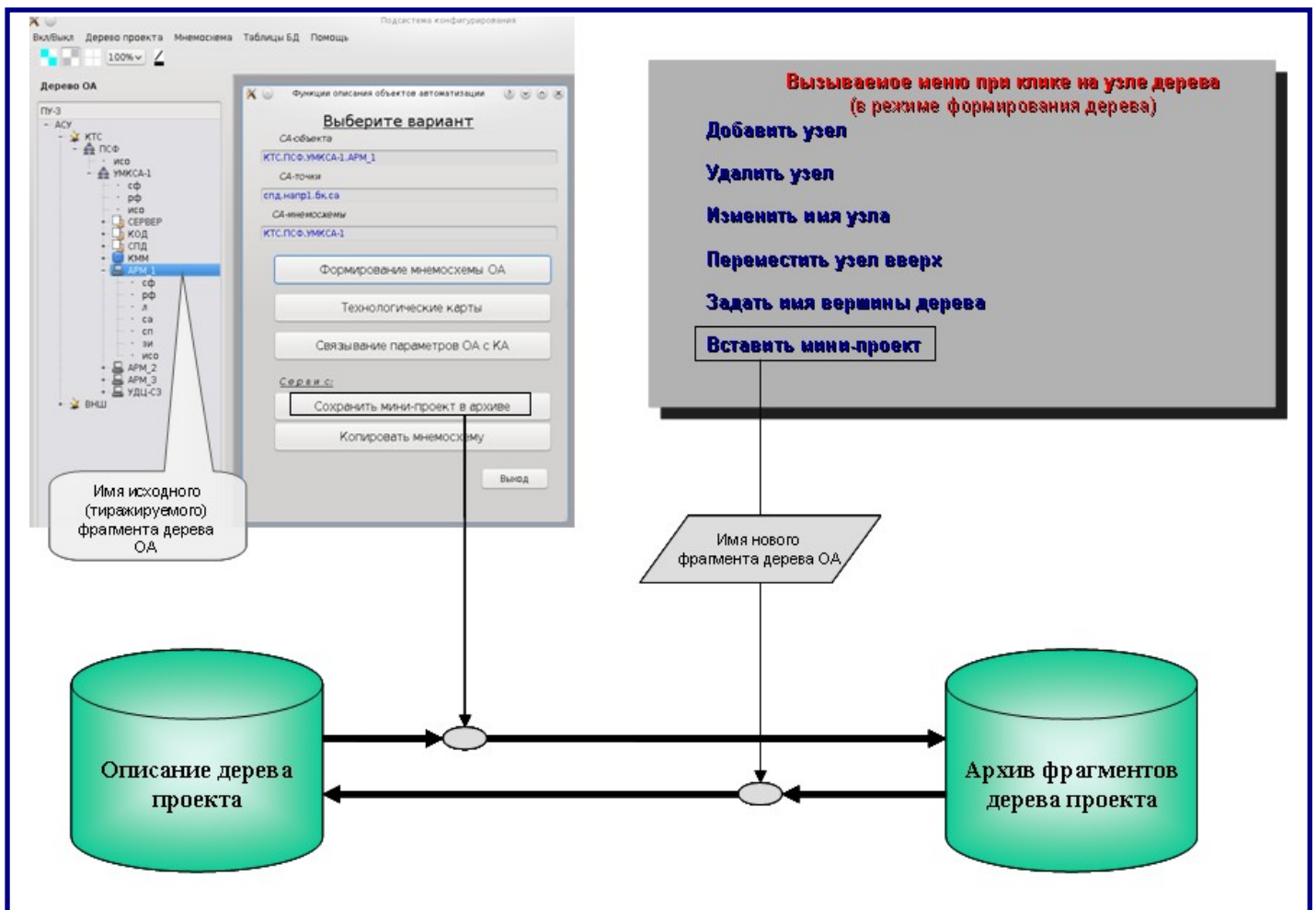
4.3. Тиражирование фрагмента дерева проекта

При построении дерева проекта часто приходится повторять описания объектов одного и того же типа с одинаковой структурой объекта. Чтобы не повторять одни и те же построения вручную в программе предусмотрен режим тиражирования фрагмента дерева в любое другое место дерева.

Процедура тиражирования разбивается на две части (см. Рис. 4.3.):

- Сохранение описания объекта в архиве фрагментов
- Извлечение описания фрагмента из архива и включение его в описание дерева проекта, в указанное место

Рис. 4.3. Схема тиражирования фрагмента дерева проекта



4.4. Функции описания объектов автоматизации

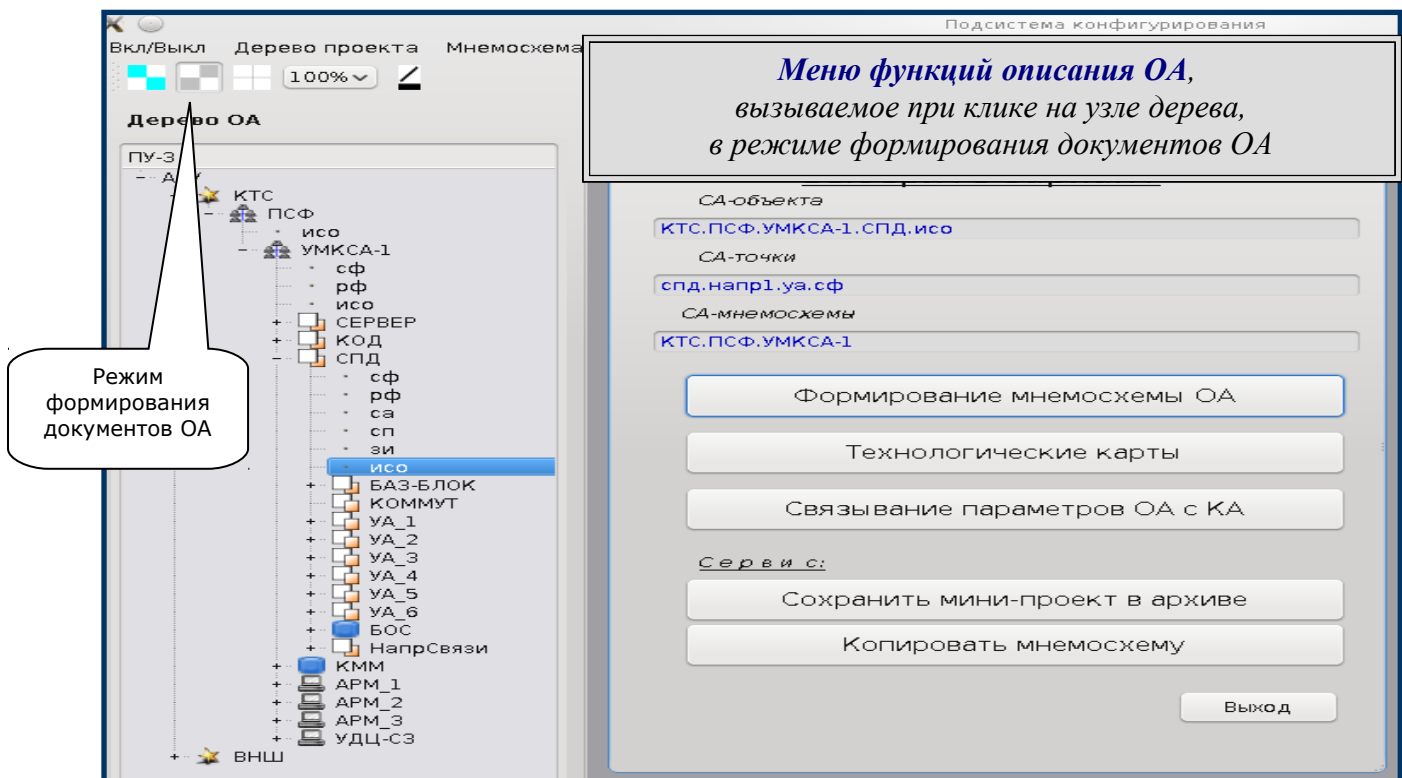
Меню функций описания объекта автоматизации вызывается при клике на любом узле дерева в *режиме формирования документов ОА*.

Текущим узлом может быть как объект автоматизации, так и его контролируемый параметр

При активизации соответствующих пунктов меню вызываются программные процедуры, которые в интерактивном режиме позволяют формировать документы и схемы, описывающие конкретный объект автоматизации или его контролируемые параметры:

- Формирование мнемосхемы объекта автоматизации
- Паспорт контролируемого параметра ОА
- Описание технологических карт
- Сервисные процедуры

Рис.4.4. Меню функций описания ОА



4.4.1. Описание мнемосхем

4.4.1.1. Описание графических объектов

Классы графических объектов позволяют описывать шаблоны типовых графических объектов, на основании которых программа может формировать множество экземпляров этих классов. Будем называть в дальнейшем описании экземпляры графических объектов *Унифицированными Графическими Объектами (УГО)*.

В качестве конфигурационных параметров УГО задается список геометрических и логических параметров ОКОН СОСТОЯНИЙ, представляющих на мнемосхеме текущее состояние соответствующих контролируемых параметров объектов автоматизации.

Ввод информации по каждому окну состояния, соответствующего класса, производится с помощью формы ввода.

Основными параметрами описания окна состояния являются:

- Системное (обобщенное) и пользовательское имя окна состояния
- Координаты и габариты окна состояния (в пикселях)

указываются в следующих окнах ввода:

xw – смещение по оси абсцисс, относительно левого верхнего угла УГО

yw – смещение по оси ординат, относительно левого верхнего угла УГО

ww – ширина окна состояния

hw – высота окна состояния

- Окно ввода *привязка* позволяет упростить и обобщить задание положения окна состояния. Этот параметр задается в виде двухбуквенного текста:

лв – привязка окна состояния к левому верхнему углу УГО;

пв – привязка окна состояния к правому верхнему углу УГО;

лн – привязка окна состояния к левому нижнему углу УГО;

пн – привязка окна состояния к правому нижнему углу УГО;

су – ордината задается явно, а по абсциссе окно размещается в середине УГО

хс – абсцисса задается явно, а по ординате окно размещается в середине УГО

ху – абсцисса и ордината задаются явно.

- В правой части входной формы располагаются признаки, определяющие вид окна состояния:

пр-иконки – окно состояния представляется в виде иконки

пр-текста – признак наличия текста в окне состояния

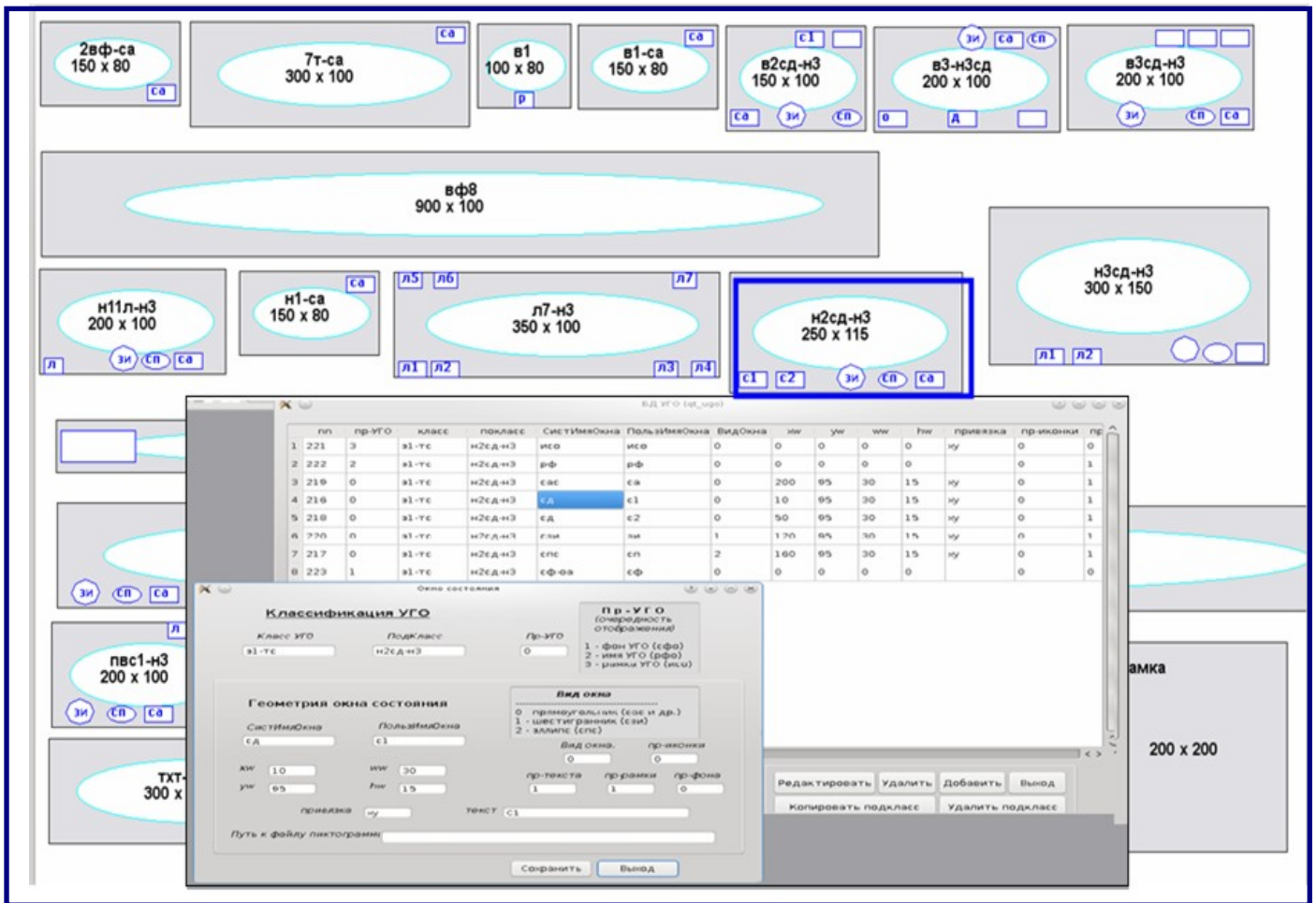
пр-рамки – признак наличия рамки у окна состояния

пр-фона – признак наличия фона у окна состояния

Если признак равен 0, то соответствующее свойство окна состояния отсутствует. Если признак равен 1, то соответствующее свойство окна состояния действительно.

Координаты и габаритные размеры конкретного экземпляра класса (УГО) задается в описании мнемосхемы

Рис. 4.5. Выбор класса УГО и его параметров



4.4.1.2. Правила подсветки окон состояний

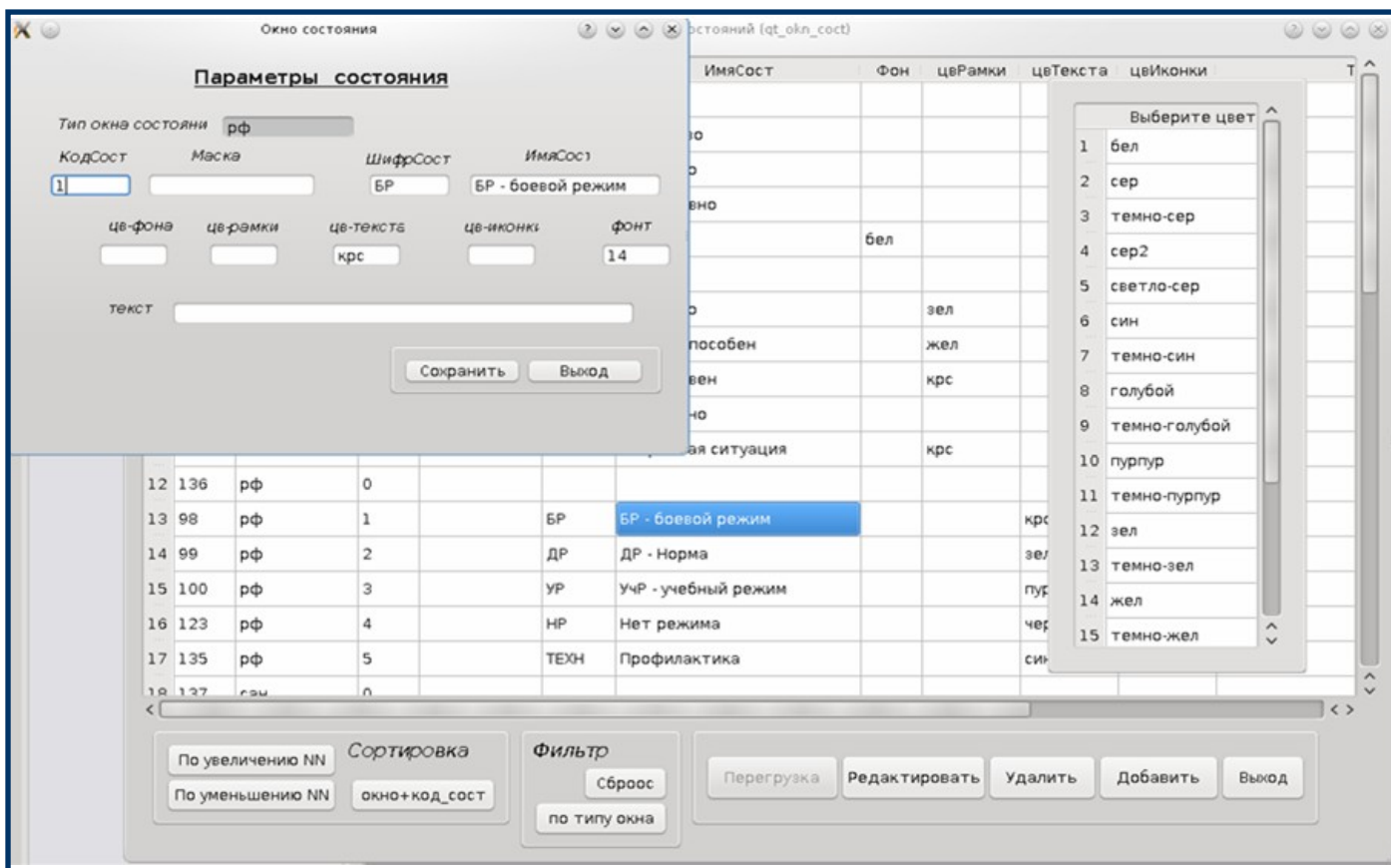
Отображение текущих состояний осуществляется с помощью раскраски различным цветом соответствующих окон состояний. Каждому контролируемому параметру объекта автоматизации ставится в соответствие окно состояния для отображения его текущего состояния на экране

Перечень, тип и размещение окон состояний в рамках УГО определяется для каждого подкласса УГО и описывается в таблице БД

Пример рекомендуемых состояний и правил подсветки окон состояний приведен в п.п. 3.3. (Рис. 3.1.).

Ввод параметров описания отдельного состояния осуществляется с помощью входной формы “Параметры состояния” (см. Рис. 4.6.).

Рис. 4.6. Параметры состояния



Каждое окно ввода соответствует колонкам таблицы БД “Окна состояний”:

СистИмяОкна – тип состояния (системное имя окна состояний);

Код – числовой код состояния;

Маска – позиционный код состояния;

Шифр – условное обозначения состояния;

Фон – цвет фона УГО или окна состояния;

цветРамки – цвет рамки УГО;

цветТекста – цвет букв имени УГО;

Фонт – размер фонта имени УГО или пользовательского имени окна состояния.

В таблице БД “Классы УГО” в колонке **пр-УГО** для каждого типа состояния (окна состояния) указывается - относятся ли параметры раскраски ко всему УГО (пр-УГО=1) или к указанному окну состояния (пр_УГО=0).

4.4.1.3. Сборка мнемосхем из графических объектов

Описание конкретной мнемосхемы состоит из двух частей:

- Описания совокупности входящих графических объектов
- Описания соединений между графическими объектами

По каждому графическому объекту формируется паспорт, описывающий следующие свойства (см. Рис. 4.7.):

- Габаритные размеры
- Координаты размещения на экране монитора
- Имя визуального класса, экземпляром которого он является
- Имя соответствующего объекта автоматизации
- Текущие параметры подсветки (фон, цвет рамки, цвет букв имени ОА) формируются автоматически в соответствии с текущим состоянием объекта.

Для вызова процедуры интерактивного формирования паспорта УГО необходимо кликнуть на соответствующем узле дерева объектов (в режиме формирования документов ОА) и выбрать пункт меню *Формирование мнемосхемы*. Далее система будет определять сценарий формирования паспорта УГО

Имя объекта автоматизации, для которого описывается мнемосхема, также задается по дереву объектов.

Первоначально заданные координаты размещения УГО на экране будут автоматически меняться при перемещении УГО в режиме *Отладка мнемосхемы* (см.меню МНМОСХЕМЫ на Рис.4.1.) методом захвата и перемещения.

Рис. 4.7. Паспорт УГО

The screenshot displays the software interface for object management. On the left is the 'Дерево ОА' (Object Tree) showing a hierarchy of components like 'ПУ-3', 'АСУ', 'КТС', 'ИСО', 'УМКСА-1', 'КОД', 'СПД', 'КОММУТ', 'АРМ_1-3', and 'УДЦ-СЗ'. In the center is a table 'БД Мнемосхемы (tbl_mnem)' with columns: 'п/п', 'Мнемосхема', 'Адрес-ОА', 'Класс', 'Подкласс', 'Имя_стк1', 'Имя_стк2', 'x1', 'y1', 'w1', 'h1'. Below the table is a 'Параметры графического объекта' form with fields for 'Текущая мнемосхема', 'Адрес объекта автоматизации', 'Имя-ОА', 'Имя-ОА (строка 2)', 'Класс', 'Подкласс', and 'Координаты УГО' (X, Y, W, H). On the right is a 'Графический объект' window with 'Редактировать', 'Удалить:Зап', 'Справка:Классы', 'Удалить:Все', and 'Выход' buttons. At the bottom is a graphical diagram (УГО) showing connections between 'УМКСА-1', 'Сервер', 'КОД', 'СПД', 'Коммутатор', 'АРМ_1-3', and 'Принтер'.

п/п	Мнемосхема	Адрес-ОА	Класс	Подкласс	Имя_стк1	Имя_стк2	x1	y1	w1	h1
1	118	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	лвр1-н5		УМКСА-1	1867	2223	200	100
2	124	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	лвр1-н3		АРМ_1	1867	2789	150	100
3	125	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	лвр1-н3		АРМ_2	2177	2791	150	100
4	126	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	лвр1-н3		АРМ_3	2366	2791	150	100
5	121	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	н31-н3		КОД	2493	2391	200	100
6	123	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	л7-н3		Коммутатор	2186	2583	350	100
7	119	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	н3сд-н3		Сервер	2148	2355	300	150
8	122	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	лв-н3		СПД	2741	2391	200	100
9	127	КСА-ГШ.ЭРП.УМКСА-1	а1-тс	лп1		Принтер	2566	2790	150	100

4.4.1.4. Описание соединений графических объектов

По каждому соединению между окнами состояния разных графических объектов формируется паспорт соединения (см. Рис. 4.8.). Каждый паспорт соединения занимает отдельную строку таблицы БД "Соединения". Паспорт соединения формируется с помощью входной формы, показанной на слайде.

Паспорт соединения описывает следующие свойства:

- Имя мнемосхемы
- Адрес первого УГО
- Пользовательское имя окна состояния первого УГО (начало соединения)
- Направление связи от окна состояния первого УГО
- Адрес второго УГО
- Пользовательское имя окна состояния второго УГО (конец соединения)
- Направление связи от окна состояния второго УГО
- Автоматически вычисляемые координаты начала и конца линии связи

Рис. 4.8. Паспорт соединения

The screenshot displays a software interface for managing connections. At the top, a table titled 'БД Соединения (qt_coedin)' lists various connection records. The table has columns for ID, mnemonic, addresses, classes, and coordinates. The record with ID 98 is highlighted in red.

гп	Мнемосхема	Адр-ОА1	Адр-ОА2	Класс-1	Подкласс-1	x1	y1	x2	y2	целЛин	ШирЛин	Тп
388	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОМ	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.УДЦ-СЗ	эл-тс	л7-нз	2528	2680	2581	2802	0	0	
104	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОД	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СПД	эл-тс	н11л-нз	2693	2432	2746	2432	0	0	
97	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОМ	эл-тс	нЗсд-нз	2213	2502	2213	2595	0	0	
98	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОМ	эл-тс	нЗсд-нз	2253	2502	2253	2595	чер	3	3
99	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОД	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОМ	эл-тс	н11л-нз	2508	2488	2508	2595	1	3	3
100	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОМ	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.АРМ_1	эл-тс	л7-нз	2216	2680	2117	2801	0	0	
101	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОМ	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.АРМ_2	эл-тс	л7-нз	2251	2680	2312	2803	0	0	
102	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.КОМ	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.АРМ_3	эл-тс	л7-нз	2488	2680	2501	2803	0	0	

Below the table, there are controls for sorting and filtering. A 'Паспорт соединения' (Connection Passport) window is open, showing the parameters for the selected connection (ID 98). The parameters include the mnemonic, addresses, classes, and coordinates. To the right of the passport is a schematic diagram showing the connection between a 'Сервер' (Server) and a 'Коммутатор' (Switch). The server is connected to the switch, which is then connected to three ARM units (АРМ_1, АРМ_2, АРМ_3) and a printer (Принтер). The diagram also shows a 'УМКСА-1' unit connected to the server.

Для вызова процедуры интерактивного формирования паспорта соединения необходимо кликнуть на узле дерева объектов (в режиме формирования документов ОА), который соответствует окну состояния начала соединения, и выбрать пункт меню *Формирование мнемосхемы*. Далее система будет определять сценарий формирования паспорта соединения.

4.4.1.5. Тиражирование мнемосхем

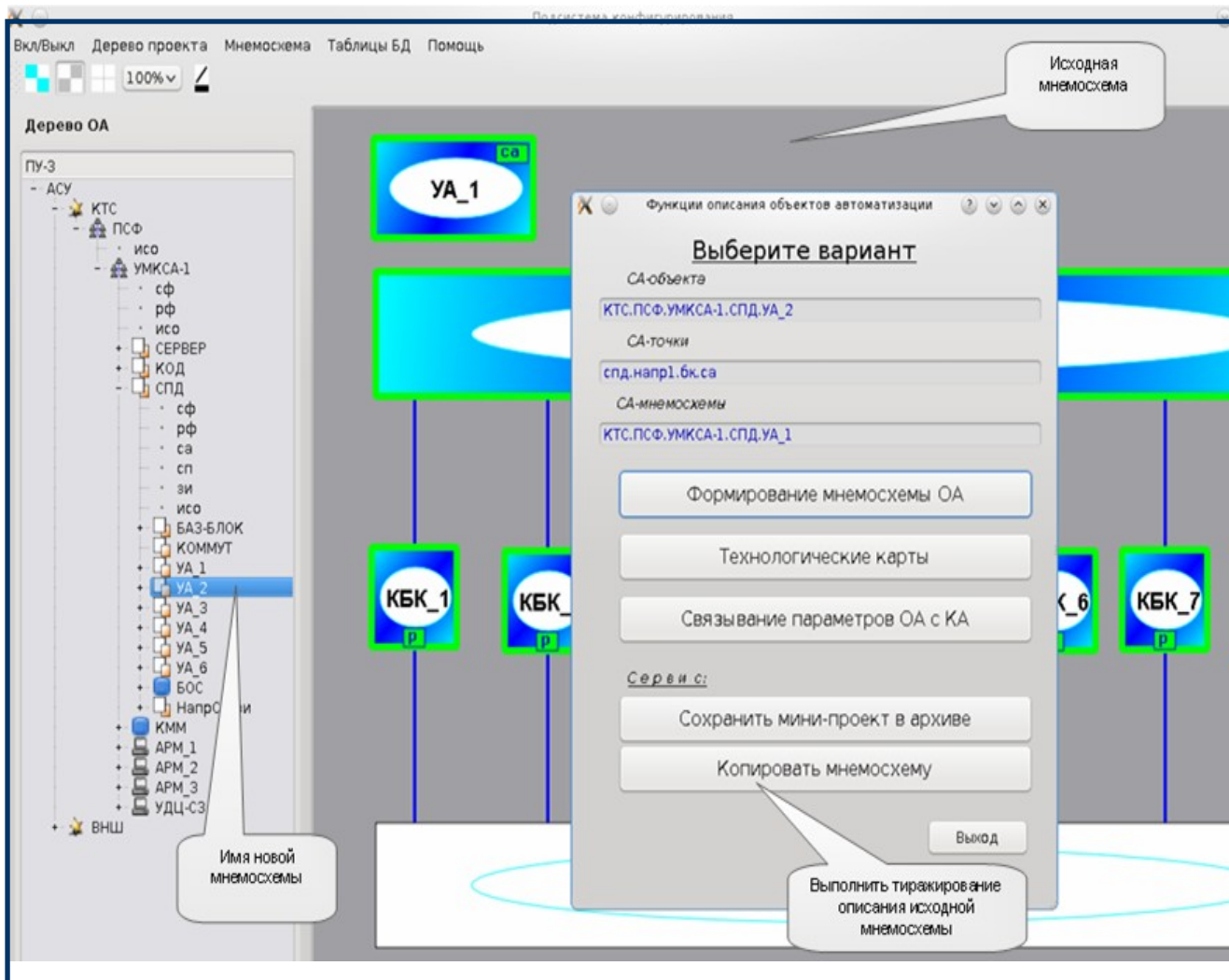
При построении проекта часто приходится описывать одинаковые мнемосхемы для однотипных объектов автоматизации. Различаются эти описания только привязкой к адресам объектов и окон состояния.

Для повышения эффективности конфигурирования и сокращения трудозатрат в программе заложен механизм тиражирования существующей (исходной) мнемосхемы в новую мнемосхему с привязкой к новым адресам входящих элементов мнемосхемы.

Этапы процесса тиражирования мнемосхемы (см. Рис.4.9.):

- Вызовите на экран исходную мнемосхему
- На дереве объектов кликните (в режиме формирования документов) по узлу объекта автоматизации, для которого вы хотите получить новую мнемосхему

В появившемся меню функций описания объектов автоматизации выберите пункт *Копировать мнемосхему*.

Рис. 4.9. Тиражирование мнемосхемы

4.4.2. Описание технологических карт

4.4.2.1. Настройка на входящие параметры ТК

Как уже говорилось в п.п. 3.4.1. методом таблиц решений формируется интегральное состояние объекта на основании текущего состояния совокупности входящих параметров.

Этим же методом может формироваться состояние любого контролируемого параметра ОА, если оно зависит от состояний нижестоящих по иерархии подчинения объектов автоматизации или их параметров.

Конкретной формой для представления алгоритмов контроля и управления объектами автоматизации по методу таблиц решений, будем называть **Технологической Картой** (ТК),

Пример формата ТК для формирования интегрального состояния объекта автоматизации показан на Рис. 3.2..

Описание технологической карты включает следующие этапы:

- Выбор параметра объекта, для которого формируется таблица решений (идентификация технологической карты)
- Выбор входящих параметров
- Описание векторов состояний
- Компиляция (выполняется автоматически при сохранении ТК).

На Рис. 4.10. показан этап идентификации ТК и выбора адресов входящих параметров.

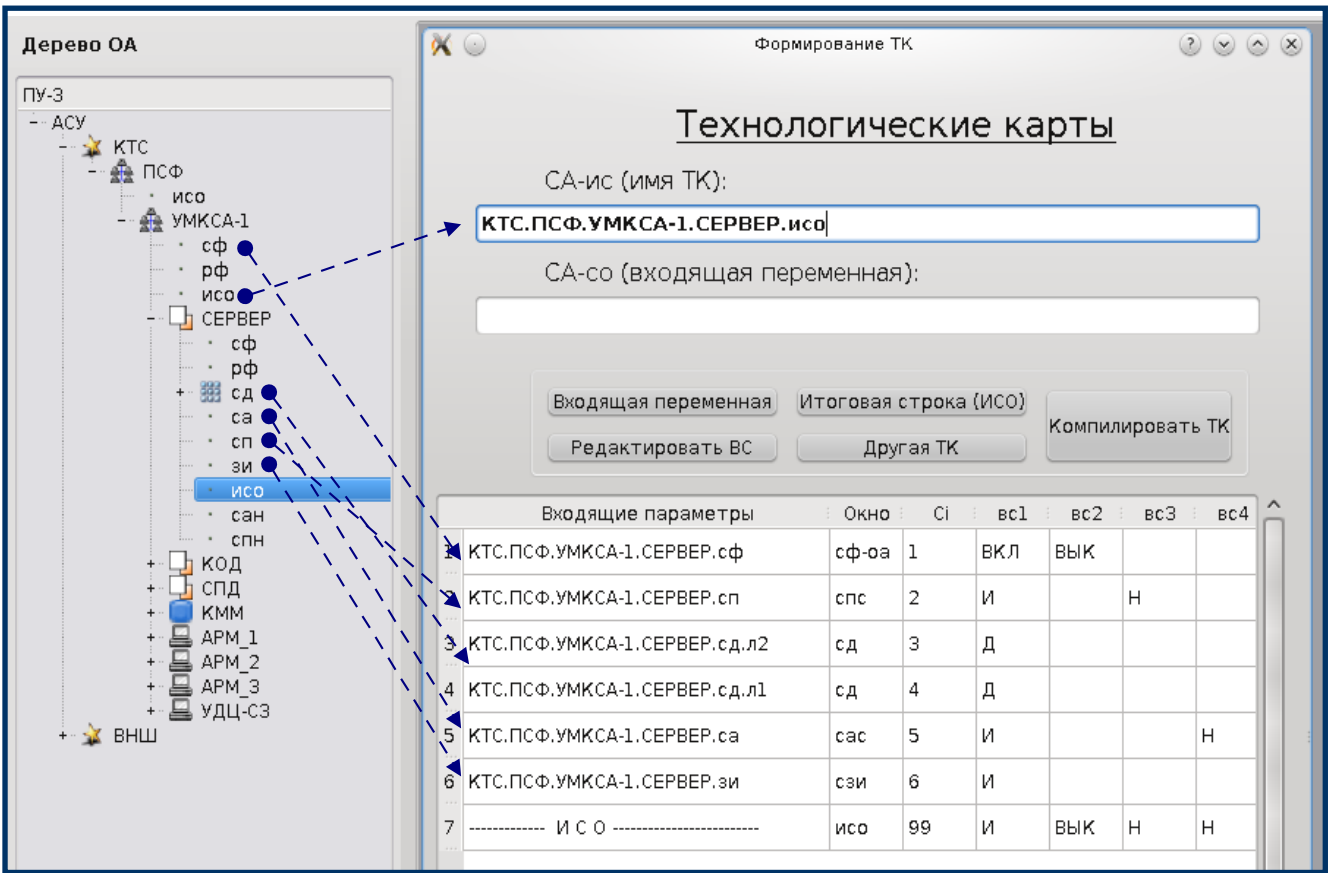
На Рис. 4.11. показан этап формирования векторов состояний.

Для выбора параметра объекта, для которого надо создать ТК, надо кликнуть на соответствующем узле дерева объектов (в режиме формирования документов ОА) и выбрать пункт меню **Технологические карты**.

На экране появится окно **Формирование ТК** и в окне ввода СА-ис (имя ТК) отобразится адрес выбранного параметра объекта, который станет идентификатором новой технологической карты.

Теперь надо по очереди кликнуть на узлах дерева объектов, которые выбираются в качестве входящих параметров. После каждого клика надо активизировать кнопку *Входящая переменная*. Выбираемые входящие переменные будут отображаться в отдельной строке формируемой ТК (в окне **Формирование ТК**).

Рис. 4.10. Настройка на входящие параметры ТК



4.4.2.2. Формирование векторов состояний ТК

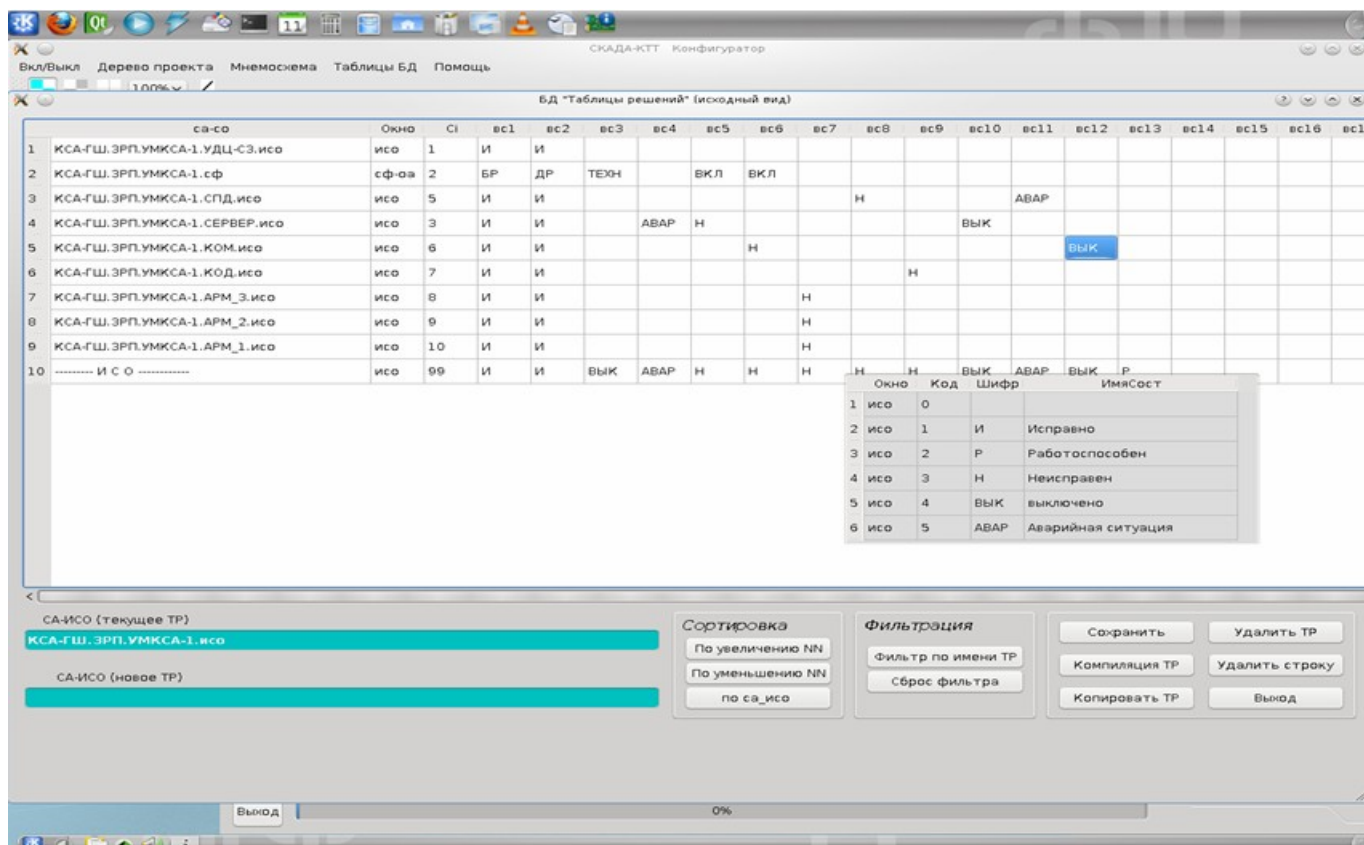
Колонка вектора состояния в ТК задает совокупность состояний входящих параметров, для которой в итоговой строке указывается результирующее состояние. Весь набор векторов состояний ТК определяет совокупность всех комбинаций состояний, которые необходимо контролировать.

Состояния входящих параметров в одном векторе состояний связаны по логическому условию "И" (конъюнкция), а вектора состояний связаны между собой по условию "ИЛИ" (дизъюнкция).

Для перехода в режим ввода (редактирования) векторов состояний необходимо кликнуть кнопку "Редактировать ВС" в окне **Формирование ТК** (см. Рис. 4.10.). В результате чего на экране

появится окно **БД "Технологические карты"** (исходная форма) (см. Рис. 4.11.), позволяющее заполнять ячейки векторов состояний, без промежуточной формы ввода. Это удобно, т.к. оператор видит все колонки векторов состояний, адреса входящих переменных и итоговую строку.

Рис. 4.11. Формирование векторов состояния ТК



Для удобства заполнения отдельных ячеек векторов состояний при клике на соответствующей ячейке на экран вызывается список допустимых состояний для соответствующего типа окна состояния, указанного в колонке "Окно" ТК.

Оператору необходимо только выбрать нужное состояние и кликнуть на выбранной строке списка допустимых состояний. При этом, шифр выбранного состояния автоматически занесется в текущую ячейку вектора состояний.

При активизации кнопки СОХРАНИТЬ осуществляется сохранение исходной формы ТК и компиляция её в формат, удобный для исполнительной программы.

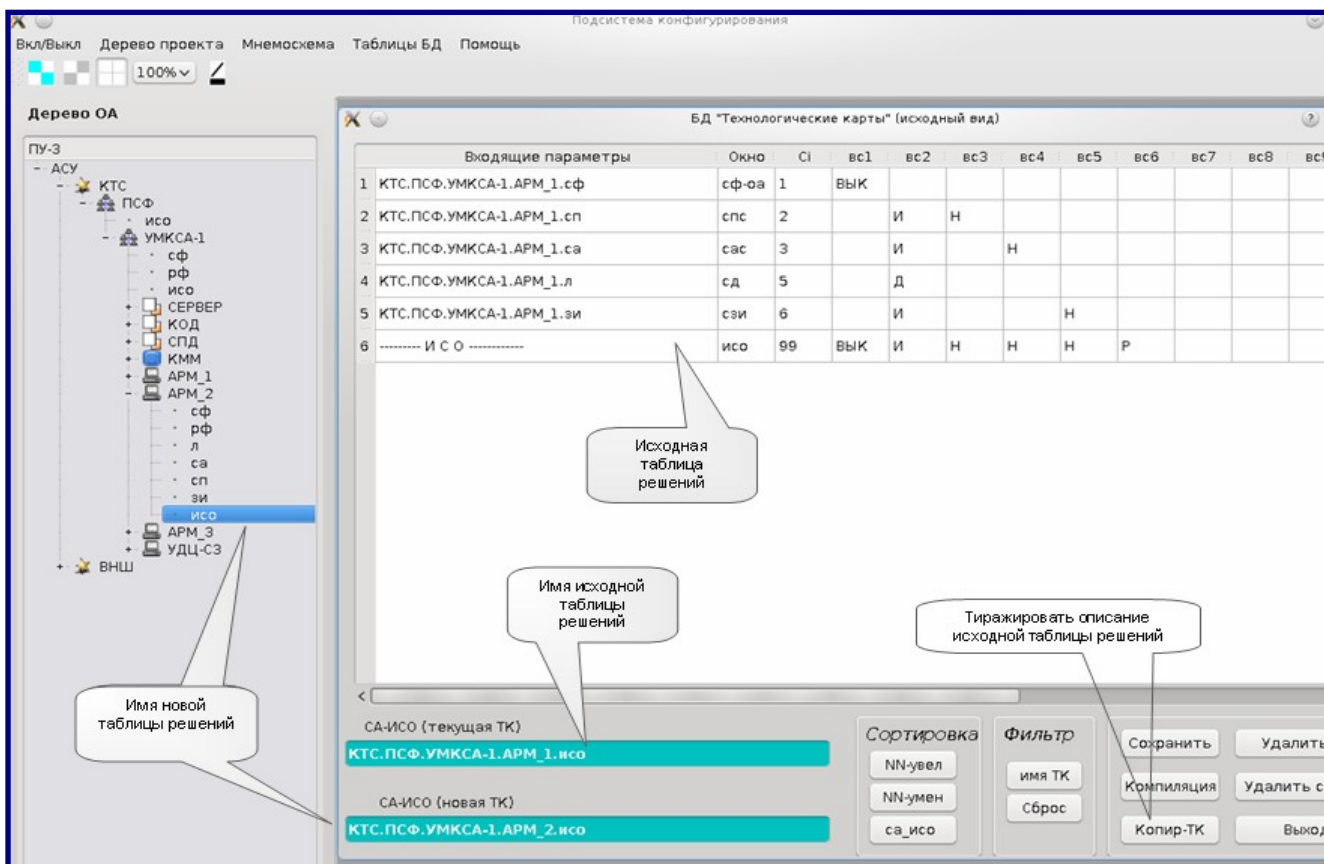
4.4.2.3. Тиражирование описаний ТК

При построении проекта часто приходится описывать одинаковые ТК для однотипных объектов автоматизации. Различаются эти описания только привязкой к адресам входящих параметров.

Для повышения эффективности конфигурирования и сокращения трудозатрат в программе заложен механизм тиражирования существующей (исходной) ТК в новую ТК с привязкой к новым адресам входящих параметров.

Этапы процесса тиражирования ТК (см. Рис. 4.12.):

- Вызовите на экран исходную ТК
- Кликните на дереве объектов по узлу, идентифицирующего соответствующий параметр объекта автоматизации, для которого формируется новая ТК
- Для переноса адреса выбранного параметра в окно ввода **СА-исо (новая ТК)** кликните по заголовку этого окна ввода.
- Для запуска процесса тиражирования кликните по кнопке *Копир-ТК*.

Рис. 4.12. Тиражирование описания ТК

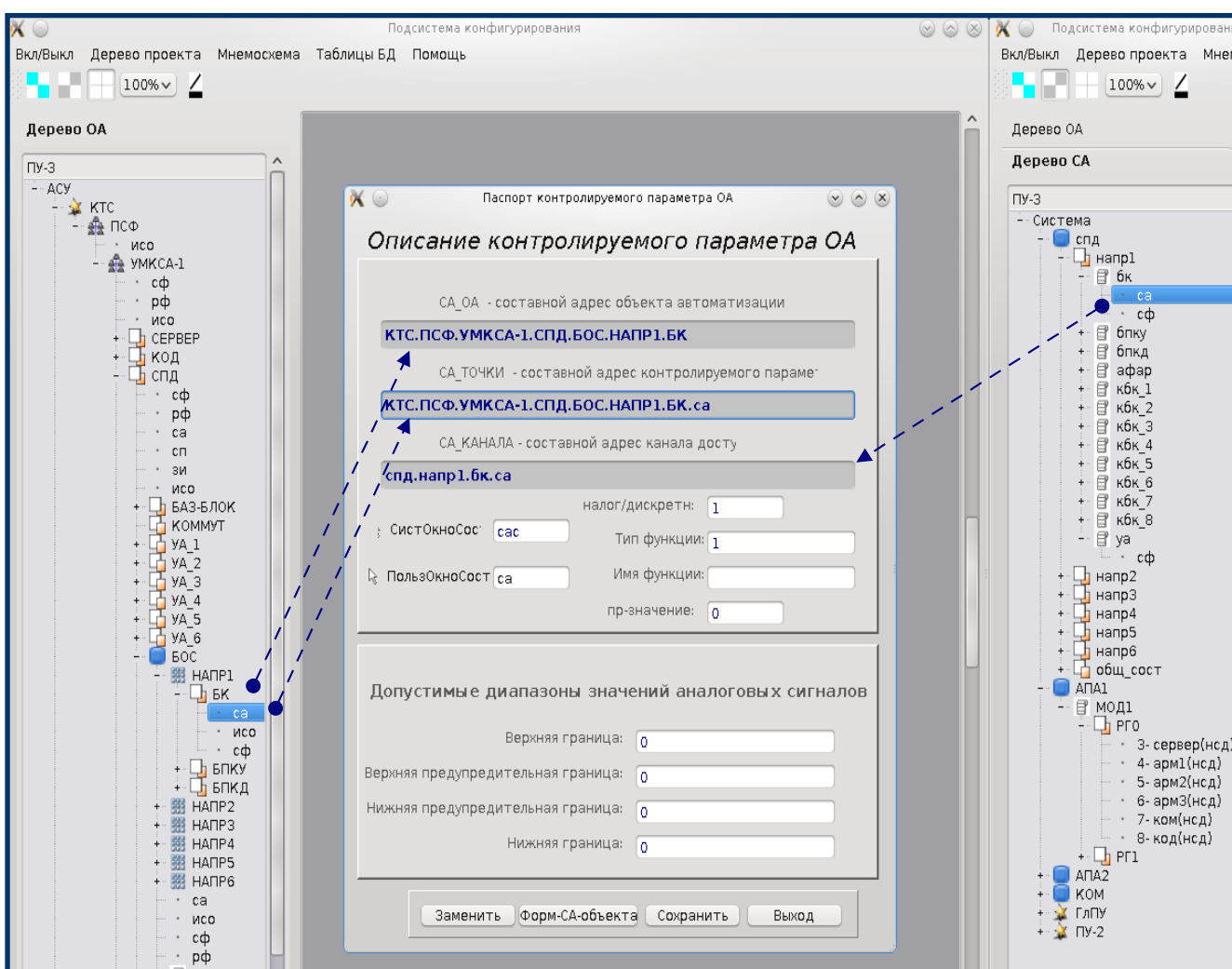
4.4.3. Паспорт параметра ОА и связывание объектов автоматизации и каналов доступа

В соответствии с принципом разделения работ с системой и объектами автоматизации оба дерева проекта (ОА и СА) могут создаваться в любом порядке и независимо друг от друга. Для обеспечения правильной адресации передаваемых во внешние средства и принимаемых от них данных необходимо связать между собою контролируемый параметр из дерева ОА и канал доступа к данному параметру из дерева СА. Результатом связывания будет создание *паспорта контролируемого параметра объекта автоматизации* (см. Рис. 4.13.).

Паспорт контролируемого параметра содержит следующие параметры:

- Адрес объекта автоматизации (формируется автоматически);
- Адрес контролируемого параметра (формируется автоматически);
- Канальный адрес (формируется автоматически);
- Системное и пользовательское имена, соответствующего окна состояния, формируются автоматизировано - выбором из списка окон состояний для заданного класса УГО;

Рис. 4.13. Связывание деревьев проекта созданием *паспорта контролируемого параметра* объекта автоматизации



- Тип физического состояния параметра (аналоговый / дискретный);
- Тип функции преобразования физического состояния параметра в функционально-ориентированное логическое;
- Допустимые границы значений принимаемых аналоговых состояний.

Для вызова паспорта и автоматического занесения адресов объекта и параметра надо кликнуть на соответствующем узле дерева ОА (в режиме *регистрации адреса узла*) и узле канала доступа (в режиме *формирования документов ОА*).

Если изменились адреса узлов, то надо активизировать кнопку ЗАМЕНИТЬ.

4.5. Команды оператора

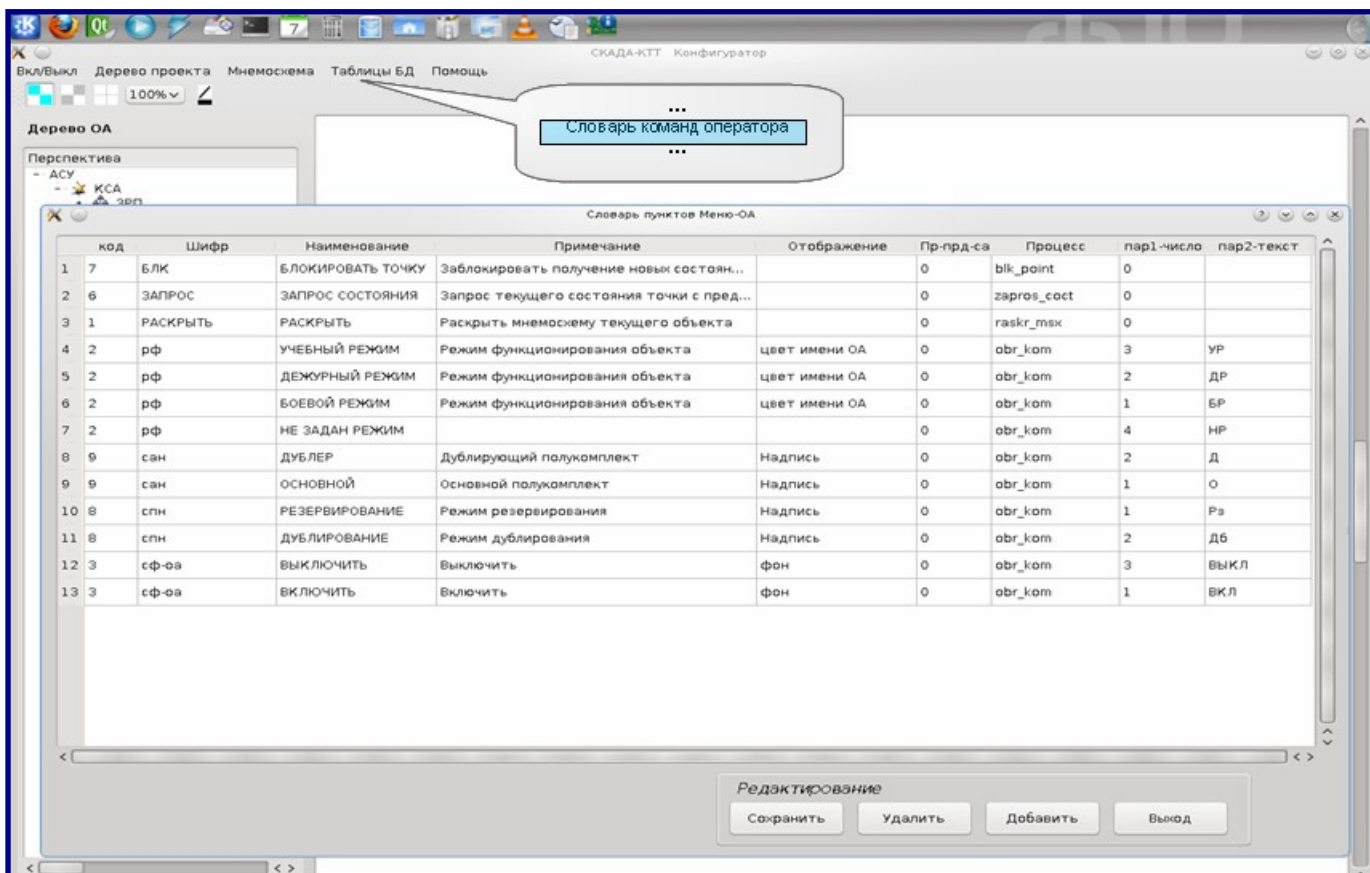
4.5.1. Словарь команд оператора

Оператор может интерактивно влиять на работу системы с помощью команд оператора, выбираемых из меню текущего объекта автоматизации, вызываемого нажатием правой клавиши манипулятора при установке курсора на соответствующее УГО.

Список рекомендуемых команд приведен в п.п. 3.6. .

В таблице БД "Словари команд оператора" должен содержаться весь список команд управления для любого объекта автоматизации без дублирования одних и тех же команд.

Для каждой команды оператора указывается имя процедуры обработки данной команды (колонка ПРОЦЕСС). Процедуры обработки обобщены и перечень их ограничен.

Рис. 4.14. Формат словаря команд оператора

4.5.2. Меню команд оператора

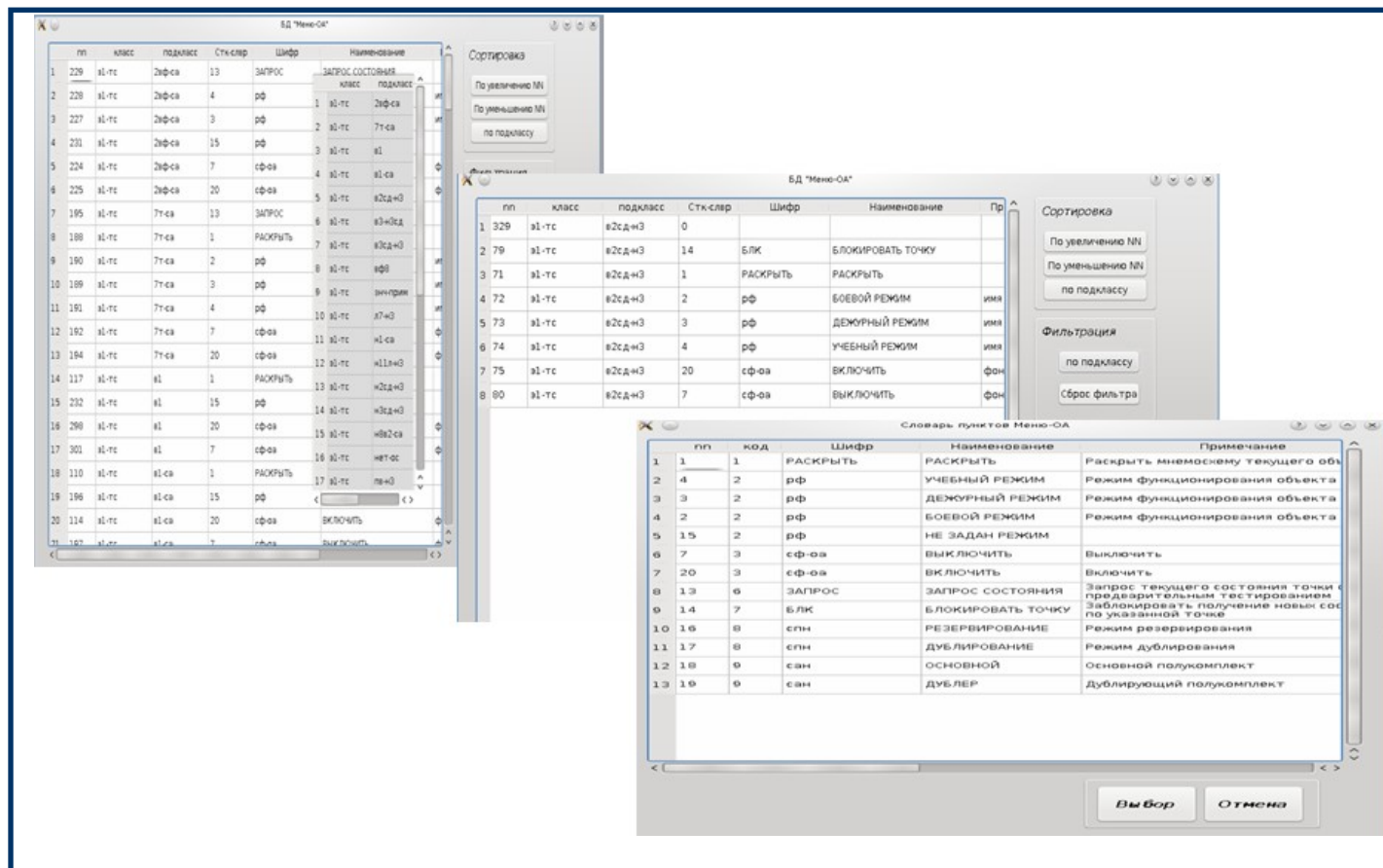
Для каждого объекта автоматизации необходимо создать *Меню команд* управления из числа команд описанных в *Словаре команд управления*.

Поскольку классы (подклассы) УГО определяют экземпляры однотипных ОА, то целесообразно создавать *Меню команд управления* только для каждого класса (подкласса) объектов автоматизации, что исключит необходимость описывать многочисленные дубликаты *Меню команд управления*.

Процесс формирования меню команд управления использует не прямой ввод данных в таблицу БД "Меню команд управления", а

выбор данных из списка классов (подклассов) проекта и словаря команд управления.

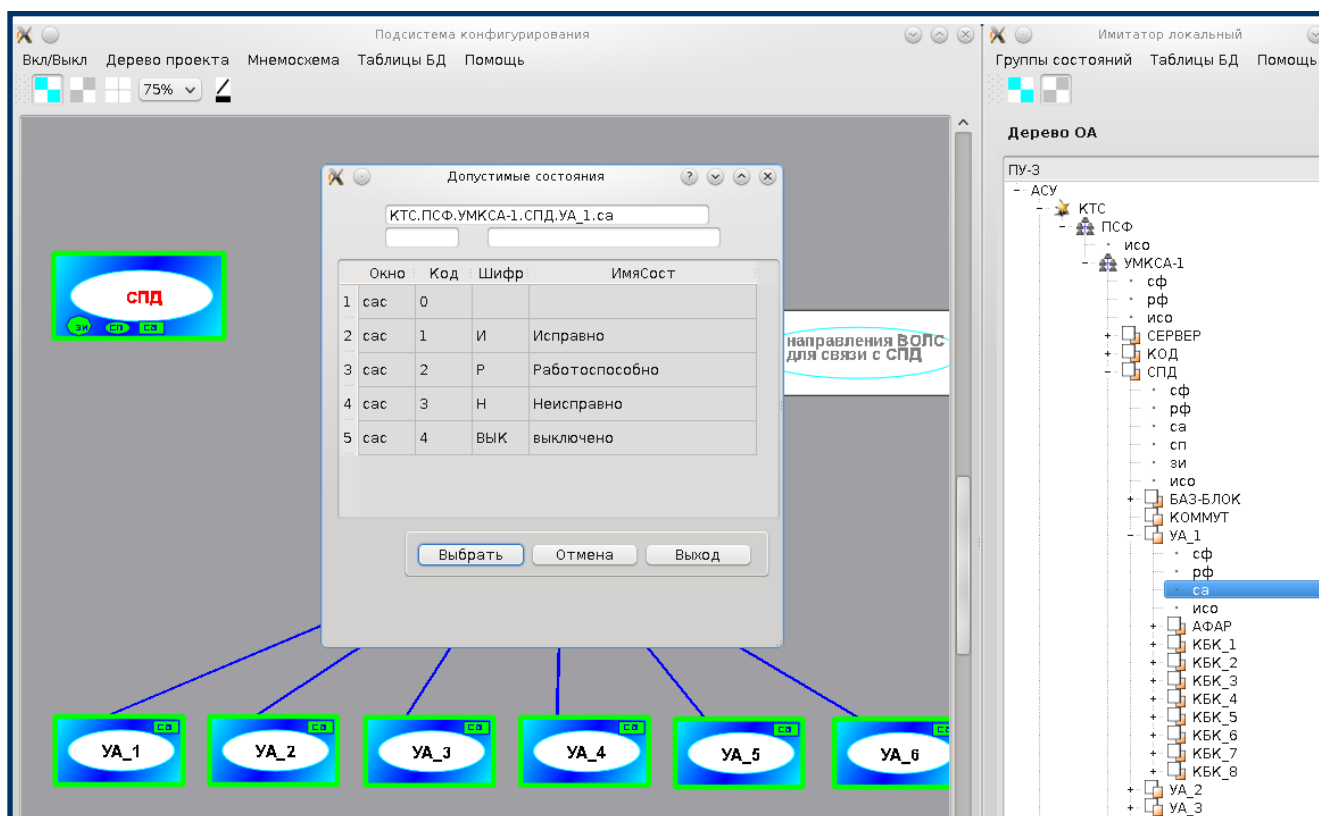
Рис. 4.15. Формирование меню команд оператора



4.6. Автономная отладка правильности конфигурирования

Для автономной проверки правильности результатов конфигурирования можно использовать программный имитатор, с помощью которого оператор может выдавать новые состояния по требуемому контролируемому параметру определенного ОА или по группе однотипных параметров разных ОА.

Для обеспечения режима имитации необходимо запустить задачу **Имитатор**, в результате чего в правой части экрана появится дерево проекта (см. Рис. 4.18), которое соответствует описанию *дерева ОА* текущего проекта.

Рис. 4.18. Схема имитации новых состояний

Для активизации процесса имитации одиночного состояния надо кликнуть манипулятором на узле дерева проекта для соответствующего контролируемого параметра. При этом, на экране отобразится окно с перечнем допустимых состояний для данного типа контролируемого параметра (окна состояний).

Оператор должен кликнуть по выбранному состоянию и активизировать кнопку *Выбор*.

V. ПОДСИСТЕМА ОБМЕНА ДАННЫМИ

Подсистема обмена данными (ПСОД) обеспечивает следующие функции:

- ❖ автоматический опрос состояний контролируемых параметров объектов автоматизации и передачу этих состояний в исполнительную подсистему;
- ❖ изменение состояний объектов автоматизации по командам оператора;
- ❖ межобъектовый обмен командами и интегральными состояниями.

5.1. Принципы работы ПСОД

- Идентификация трактов доступа к контролируемым параметрам объектов автоматизации и их групп осуществляется с помощью иерархических канальных адресов (КА), формируемых оператором при создании дерева средств автоматизации.
- В соответствие КА автоматически формируются числовые индексы доступа к отдельному контролируемому параметру
- Прием сообщений из ОА производится группами состояний контролируемых параметров ОА. Передача состояний в исполнительную подсистему осуществляется по каждому отдельному контролируемому параметру.
- Идентификация данных при обмене данными с исполнительной подсистемой осуществляется по сформированным индексам

- Сбор состояний контролируемых ОА возможен в одном из двух режимов: синхронном (по запросу) и асинхронном (по прерыванию).
- Каждый контролируемый параметр описывается в конфигурационной БД ПСОД в одном из двух видов ОД-переменной: регистровой и типизированной.
- Общие параметры группы ОД-переменных описываются в паспорте группы.
- Для унификации алгоритма обработки вводимых данных обобщен вид запроса и ответного(входного) сообщения по разным протоколам обмена данными.

5.2. Состав и информационные связи ПСОД

В состав подсистемы обмена данными входят следующие программные компоненты (см. Рис. 5.1.):

ОД-конфигуратор – модуль описания ОД-переменных

МВС – модуль ввода состояний контролируемых параметров ОА;

МУПР – модуль управления состоянием ОА по командам оператора (выдача управляющих воздействий - УВ);

ОГК – модуль обработки групповых команд оператора, поступающих как от локального оператора, так и от удаленного;

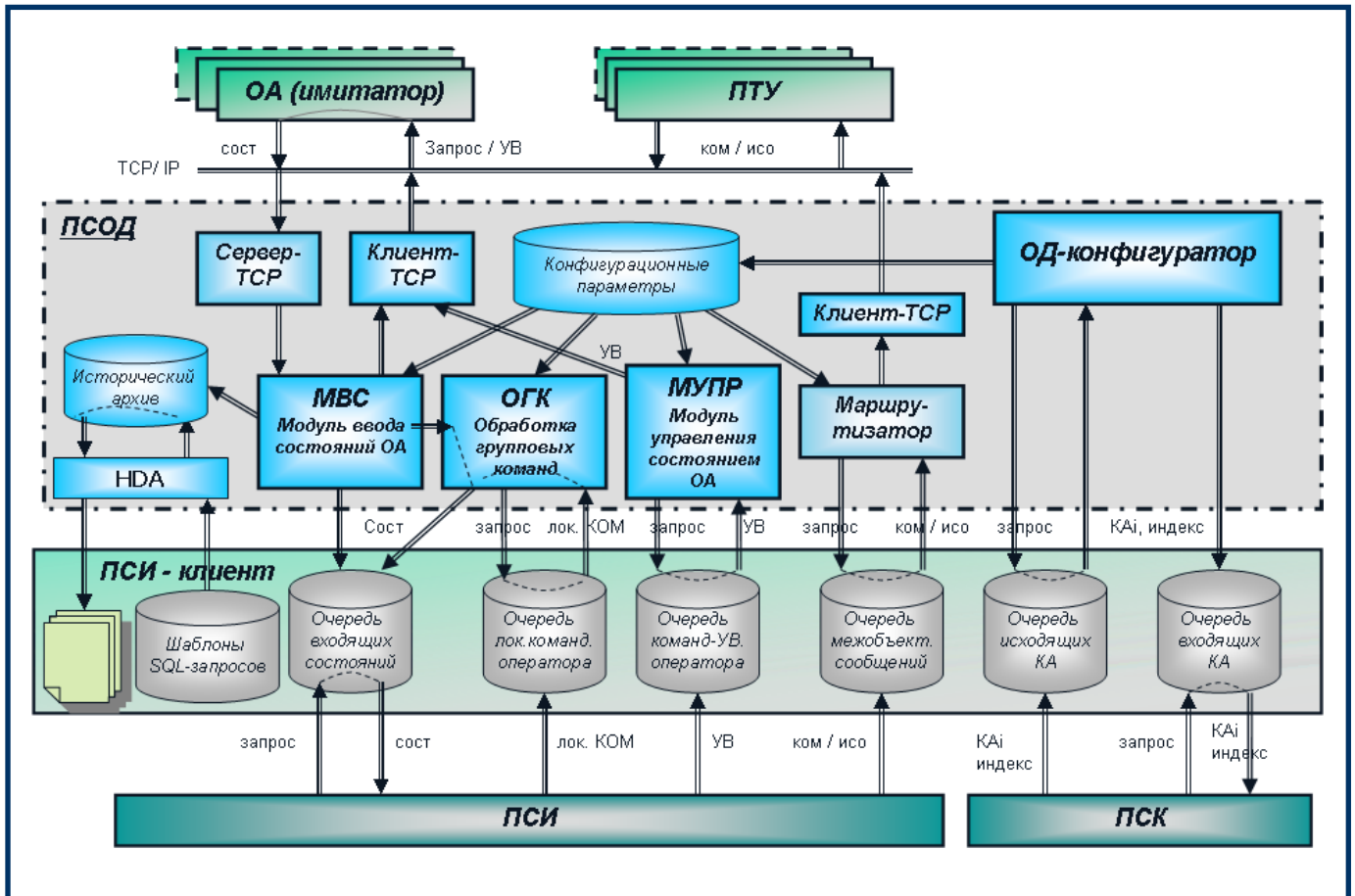
Маршрутизатор – модуль обеспечения межобъектового обмена сообщениями между разными пунктами технологического управления;

НДА – модуль подготовки шаблонов (SQL-запросов) для формирования отчетов по данным из исторического архива;

Драйверы для обмена данными по протоколу TCP/IP (Клиент-TCP, Сервер-TCP);

Конфигурационная и Историческая базы данных.

Рис. 5.1. Состав и информационные связи ПСОД



Для унификации взаимодействия ПСОД с ПСИ и ПСК обмен сообщениями осуществляется через промежуточный *интерфейсный модуль ПСИ-клиент* с использованием механизма очередей, организуемых в виде таблиц БД. Частота выборки данных из очередей задается программными таймерами.

Использование ПСИ-клиента позволяет унифицировать правила взаимодействия ПСОД с ПСИ и ПСК.

5.3. Конфигурирование ПСОД

В соответствии с идеологией OPC-серверов (см. п.п.3.5.) на этапе конфигурирования ПСОД описываются *переменные обмена данными* (ОД-переменные), с помощью которых осуществляется опрос состояний контролируемых параметров ОА.

Поскольку прием сообщений о состоянии параметров ОА производится группами состояний, т.е. в одном сообщении принимаются состояния за группу контролируемых параметров, причем, не обязательно за один ОА, а передача состояний в ПСИ осуществляется по каждому отдельному контролируемому параметру, то необходимо описывать как группы ОД-переменных, так и отдельные ОД-переменные, входящие в группу.

Обязательным условием объединения контролируемых параметров в группу - одинаковый период опроса. Другие критерии объединения контролируемых параметров в группу ОД-переменных могут быть самые различные и могут определяться функциональным назначением, расположением соответствующих датчиков и др..

На Рис. 5.2. приведены паспортные данные описания группы переменных и двух разных типов ОД-переменных (регистрающей и типизированной), входящих в группу.

5.3.1. Описание групп ОД-переменных

Паспорт группы ОД-переменных содержит общие сведения о группе:

- Имя группы
- Протокол обмена данными

- Номер устройства
- Номер группы
- Период опроса группы в секундах
- Режим сбора состояний ОА:
 - Синхронный
 - Асинхронный
- Время ожидания ответа для синхронного режима

Рис. 5.2. Описание ОД-переменных и групп переменных

The image displays three windows from a software interface:

- Паспорт группы точек (Group of points passport):** Contains fields for 'Имя группы' (Group name), 'Протокол' (Protocol), 'Номер устройства' (Device number), 'Номер группы' (Group number), 'Период опроса группы' (Group polling period) in seconds, 'Синхронный режим' (Synchronous mode) and 'Асинхронный режим' (Asynchronous mode) radio buttons, 'Время ожидания ответа' (Response waiting time) in seconds, and 'Признак качества доступа' (Access quality indicator).
- Паспорт регистровой переменной (Register variable passport):** Contains fields for 'Имя группы' (Group name), 'Имя переменной (КА)' (Variable name (CA)), 'Индекс точки' (Point index), 'Права доступа' (Access rights) with 'Чтение' (Read) checked and 'Запись' (Write) unchecked, 'Номер 1-го байта в сообщении' (First byte number in message), 'Значимые биты' (Significant bits) from 0 to 15, and 'Текущее состояние' (Current state).
- Паспорт переменной (Typed variable passport):** Contains fields for 'Имя группы' (Group name), 'Имя переменной (КА)' (Variable name (CA)), 'Индекс точки' (Point index), 'Права доступа' (Access rights) with 'Чтение' (Read) checked and 'Запись' (Write) unchecked, 'Тип переменной' (Variable type), 'Адрес переменной (номер 1-го байта во входном сообщении)' (Variable address (first byte number in input message)) set to 0, and 'Текущее состояние' (Current state).

Callouts and annotations:

- 'Станция, Агент' (Station, Agent) points to the 'Имя группы' field in the top window.
- 'Направление, Регистр' (Direction, Register) points to the 'Номер группы' field in the top window.
- A list of data types (integer, float, char) is shown on the right, with a dashed arrow pointing to the 'Тип переменной' field in the bottom-right window.

Имя группы

В соответствии с принципом единства идентификации имя группы выбирается из *дерева средств автоматизации* проекта, которое должно предшествовать *канальным адресам* доступа к контролируемым параметрам ОА, входящим в данную группу.

Таким образом, дерево средств автоматизации формируется по принципу разбиения на группы контролируемых параметров, в отличие от *дерева объектов автоматизации*, где формирование дерева идет по принципу иерархического объединения объектов автоматизации в функционально законченные комплексы.

Протокол обмена данными

В данном документе рассматриваются два типа протоколов обмена данными с контролируруемыми устройствами:

- *ModBus TCP* – стандартный протокол для обмена сообщениями через сеть Ethernet с аппаратными агентами, собирающими состояния контролируемых параметров с датчиков, установленных на объектах автоматизации;
- *СПД* – специализированный протокол для сбора информации через сеть Ethernet о состоянии работы станций дальней связи.

Эти протоколы выбраны для описания принципов реализации ПСОД, т.к. они отличаются типом передаваемых данных и перекрывают все возможные варианты передаваемых данных для разных протоколов обмена данными:

ModBus TCP – осуществляет обмен данными битами и группами бит;

СПД – осуществляет обмен данными стандартных типов (CHAR – байт-символ, INTEGER – десятичное число, FLOAT – число с плавающей запятой).

Для унификации процедур обработки данных обобщен и формат передаваемых сообщений (запросов и ответов) для обоих протоколов.

Номер устройства

Для протокола *ModBus TCP* в качестве номера устройства задается номер аппаратного агента, а для протокола *СПД* номер станции дальней связи.

Номер группы

Для протокола *ModBus TCP* в качестве номера группы задается номер регистра аппаратного агента, где собирается информация о контролируемых параметрах группы.

Для протокола *СПД* в качестве номера группы задается один из шести номеров направления сканирования указанной станции дальней связи.

Период опроса группы - Период опроса для ОД-переменных одной группы должен быть одним и тем же.

Режим сбора состояний

Для протокола *ModBus TCP* определен *синхронный режим*. Т.е. в соответствии с периодом опроса группы выдается запрос на прием сообщения о состоянии контролируемых параметров группы. Через время, не превышающее времени ожидания ответа группы, должен прийти ответ на запрос.

Для протокола *СПД* определен *асинхронный режим*. Т.е. сообщения о состоянии направлений сканирования станции дальней связи поступают с определенным темпом по прерыванию,

регистрируются во входной очереди, где они опрашиваются в соответствии с периодом опроса группы.

Признак качества доступа – определяет статистику качества приема – не приема входных сообщений по данной группе ОД-переменных.

5.3.2. Описание ОД-переменных

ОД-переменные, входящие в группы, могут быть одного из двух типов:

- Регистровый;
- Типизированный.

5.3.2.1. Регистровая ОД-переменная

Регистровая ОД-переменная используется, если состояния контролируемых параметров группы содержат двузначную информацию (исправен – неисправен, доступен – недоступен, ...).

Такой тип ОД-переменных используется при работе по протоколу *ModBus TCP*, где информация о состоянии переменных группы хранится в регистрах аппаратного агента. В этом случае каждый разряд регистра хранит информацию о текущем состоянии соответствующего контролируемого параметра, входящего в группу ОД-переменных.

Текущее состояние контролируемого параметра группы может занимать несколько разрядов (позиционный код).

5.3.2.2. Типизированная ОД-переменная

Типизированная переменная используется, если состояния контролируемых параметров многозначно и занимает область хранения кратную байту:

- **CHAR** – символ/байт;
- **INTEGER** – целое десятичное число;
- **FLOAT** – число с плавающей запятой.

5.3.2.3. Транзитная ОД-переменная

Транзитная ОД-переменная предназначена для обеспечения межобъектового обмена сообщениями и детально описана в п.п.5.6..

5.3.2.4. Паспорт ОД-переменной

Паспорта ОД-переменных обоих типов аналогичны за некоторым исключением и содержат следующую информацию:

<u><i>Регистровая переменная:</i></u>	<u><i>Типизированная переменная:</i></u>
➤ Имя группы	➤ Имя группы
➤ Имя переменной	➤ Имя переменной
➤ Права доступа	➤ Права доступа
➤ Номер 1-го байта в сообщении	➤ Тип переменной
➤ Значимые биты	➤ Номер 1-го байта в сообщении
➤ Текущее состояние	➤ Текущее состояние

Имя группы – совпадает с именем группы, указанным в паспорте группы, в которую входит данная ОД-переменная.

Имя переменной

В соответствии с принципом единства идентификации имя ОД-переменной выбирается из *дерева средств автоматизации* проекта, указывающего канальный адрес доступа к соответствующему контролируемому параметру объекта автоматизации.

Права доступа – определяет возможность опроса состояния (чтение) и/или изменения состояния по команде оператора (запись) для данной ОД-переменной.

Значимые биты – для регистровой переменной необходимо указать начальный и конечный разряд (биты) регистра, где хранится текущее состояние соответствующего контролируемого параметра объекта автоматизации.

Тип переменной – для типизированной ОД-переменной указывается один из стандартных типов значения состояния: CHAR, INTEGER, FLOAT.

Номер 1-го байта в сообщении – начальный адрес состояния точки группы во входном сообщении (смещение в байтах от начала области данных в сообщении).

Текущее состояние – текущее значение состояния соответствующего контролируемого параметра объекта автоматизации.

5.4. Модуль ввода состояний

Самой главной функцией ПСОД является опрос и ввод состояний контролируемых параметров объектов автоматизации.

Данная функция реализуется в программной компоненте *Модуль ввода состояний* (МВС) и ее работа основана на описании соответствующих ОД-переменных и их групп.

На Рис. 5.3. показана упрощенная схема процесса опроса и ввода состояний.

В зависимости от *режима сбора состояний* группы ОД-переменных, указанного в соответствующем паспорте группы,

приему группы новых состояний может предшествовать запрос состояний (синхронный режим) или новые состояния могут поступать с заданным темпом без предварительного запроса (асинхронный режим).

Блок контроля периодов опроса групп точек на основании паспортов групп ОД-переменных устанавливает программные таймеры периодов опроса каждой группы.

При возникновении прерывания по соответствующему программному таймеру (тайм-аут) программа определяет режим опроса по паспорту соответствующей группы ОД-переменных.

Если задан асинхронный режим, то запускается процесс выдачи запроса состояний группы.

Если задан синхронный режим, то опрашивается очередь поступающих групп состояний и запускается процесс обработки входных сообщений.

Для унификации алгоритма запроса и обработки вводимых данных обобщен вид запроса и ответного сообщения по разным протоколам обмена.

Формат запроса состояний:

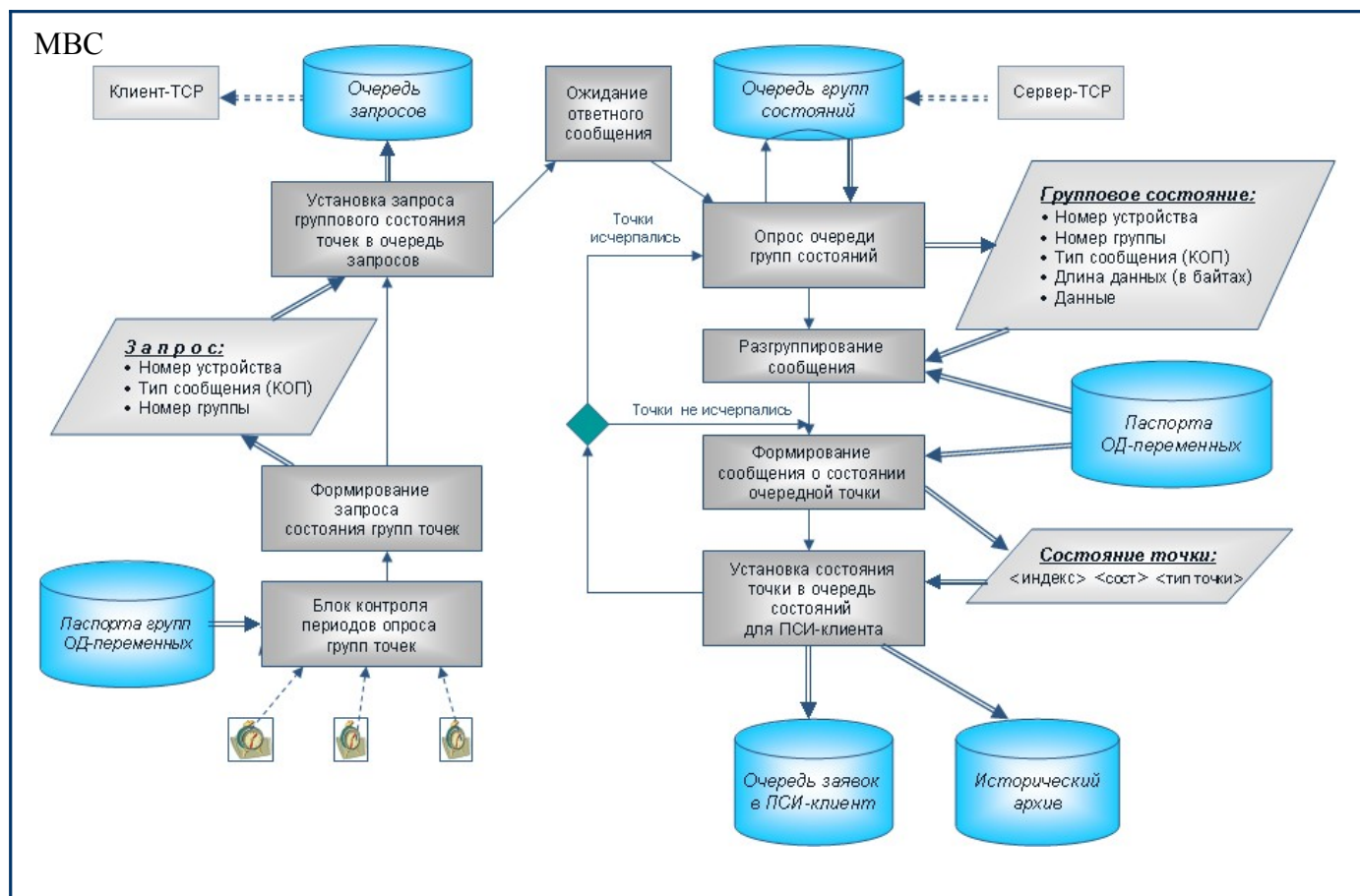
Номер устройства – Тип сообщения – номер группы

Примеры запросов:

ModBus TCP: <агент> <тип сообщ.> <№ регистра>

СПД: <станция> <тип сообщ.> <направление>

Рис. 5.3. Схема процесса опроса и ввода состояний



Формат входного сообщения о состоянии точек группы:

Устройство - Тип сообщения - Группа - Длина - Данные (группа состояний)

Примеры сообщений:

ModBus TCP: <агент> <тип сообщ.> <№ регистра> <длина> <данные>

СПД: <станция> <тип сообщ.> <направление> <длина> <данные>

5.4.1. Процесс выдачи запроса

Сформированный запрос группы состояний устанавливается в очередь запросов и запускается таймер ожидания ответа.

По истечении времени ожидания ответа просматривается очередь поступающих групп состояний и, если ответ пришел, то запускается процедура обработки сообщения.

Если ответ не пришел, то выдается сообщение оператору "Исчерпано время ожидания ответа по устройству ... группе ...". Процесс запроса сообщения повторяется три раза и, если ответ так и не приходит, то соответствующая группа бракуется (признак качества доступа к группе) с выдачей сообщения оператору "Устройство ... и группа ... недоступны".

5.4.2. Обработка входных сообщений

Принятое сообщение о состоянии группы контролируемых параметров объекта автоматизации перегружается в промежуточный буфер в формате:

**<номер устройства> <тип сообщ.> <номер группы>
<длина> <данные>**

По *номеру устройства* и *номеру группы* в БД **Группы** находится паспорт соответствующей группы, из которого определяется иерархическое имя группы. По этому имени из БД **ОД-переменные** отфильтровываются паспорта всех ОД-переменных данной группы.

Процесс *разгруппирования входного сообщения* заключается в циклической обработке по очереди всех ОД-переменных группы.

Месторасположение во входном сообщении значения нового состояния каждой ОД-переменной группы определяется по параметру, из соответствующего паспорта ОД-переменной, *Номер 1-го байта в сообщении*. Для регистровой переменной также учитывается параметр *Значимые биты*.

Если состояние параметра изменилось, по сравнению с текущим, то формируется и устанавливается в очередь заявок для ПСИ-клиента сообщение в следующем формате:

<индекс> <значение состояния> <тип значения состояния>

Кроме того, сообщение о новом состоянии регистрируется в *Историческом архиве*.

5.4.3 Использование ПСОД в случае подключения устройств через OPC-сервер

Для перехода на стандартный OPC-сервер необходимо переделать интерфейсный модуль **ПСИ-клиент** в части сопряжения с OPC-сервером, сохранив интерфейс с исполнительной подсистемой.

Вариант одновременного использования OPC-сервера и ПСОД для разных устройств, в принципе возможен. Очереди на передачу команд и приема состояний должны быть общими.

5.5. Команды оператора

Оператор может интерактивно влиять на работу системы с помощью команд оператора, выбираемых из меню объекта автоматизации. Причем, команды оператора могут поступать как от локального, так и от удаленного оператора.

Команды оператора могут быть одиночными и групповыми. Групповая команда оператора с помощью модуля **ОГК** (см.Рис.5.1.) расщепляется на заданный список одиночных команд.

Будем различать команды оператора на организационные и команды управления состоянием объектов автоматизации.

Организационные команды влияют на режимы функционирования системы и отдельных пунктов технологического управления (ПТУ) и поступают, в основном от удаленных операторов более верхнего уровня подчинения, хотя предусматривается механизм передачи таких команд и от локальных операторов.

Команды управления состоянием объектов автоматизации поступают от локального оператора и предназначены для принудительного изменения состояния объектов автоматизации непосредственно подключенных к данному ПТУ.

5.5.1. Команды организационного управления

Поскольку организационные команды в основном поступают от удаленных пунктов технологического управления, то механизмы выдачи и приема этих сообщений описаны в п.п. 5.6. *Межобъектовый обмен сообщениями.*

5.5.2. Управление состоянием объектов автоматизации

С помощью команд управления состоянием объектов автоматизации локальный оператор может изменять непосредственно состояние отдельных параметров ОА, т.е. выдавая управляющие воздействия на соответствующий исполнительные механизмы ОА:

- Включить или отключить электропитание ОА;
- Блокировать или разблокировать сигналы НСД от ОА;
- Включить функциональный контроль ОА;
- Т.д.

Чтобы иметь возможность изменять состояния параметров ОА необходимо задать в паспорте соответствующей ОД-переменной параметр *Права доступа* в состояние *Запись*.

Функции по управлению состояниями объектов автоматизации в ПСОД выполняет *Модуль управления состоянием ОА* (МУПР – см. Рис. 5.1.) .

Сообщения от ПСИ-клиента на вход МУПР поступают из *очереди команд оператора* в следующем формате:

<индекс> <новое состояние> <тип значения состояния>

Опишем действия, выполняемые модулем МУПР, по обработке выходного сообщения:

- По индексу, присвоенному соответствующей ОД-переменной, находится паспорт этой ОД-переменной;
- Проверяются права доступа к данному контролируемому параметру ОА на доступность по записи состояния;

- Формируется сообщение для передачи состояния по конкретной ОД-переменной в формате :

Номер устройства

Тип сообщения (запись)

Номер группы

Номер 1-го байта в группе

Тип значения состояния (СПД)

Номер бита начального (ModBus)

Номер бита конечного (ModBus)

Новое состояние

- Затем выполняется процесс аналогичный выдаче запроса на получение состояния;
- В ответном сообщении, в формате выданного в ОА сообщения, подтверждается факт установки нового состояния.

Для выполнения по команде оператора функционального контроля указанного ОА в группе ОД-переменных должна быть предусмотрена ОД-переменная, включающая соответствующую функцию в агенте объекта автоматизации.

5.5.3. Обработка групповых команд

Групповые команды оператора могут поступать как от локального, так и от удаленного оператора. Обработка групповых команд осуществляется в модуле ОГК (см. рис. 5.1.).

Если групповая команда поступает от другого ПТУ, то она попадает на обработку как обычное состояние в модуль МВС, где по групповому имени определяется - входит ли она в группу состояний локального объекта автоматизации или относится к

групповой команде организационного типа, поступившей от другого ПТУ. Во втором случае команда передается на обработку в модуль ОГК.

Если групповая организационная команда поступает от локального оператора, то она попадает на обработку в ОГК через очередь локальных команд оператора.

Модуль ОГК расщепляет групповую команду на набор одиночных команд. Для этого предусмотрено описание группы одиночных команд организационного типа. Каждая одиночная команда группы описывается с помощью переменной *ОД-команда*, имеющей следующий набор реквизитов:

Группа – идентификатор группы, состоящей из одной или нескольких одиночных команд оператора;

Окно – пользовательское имя окна состояния, для которого задается новое состояние;

Состояние – значение нового логического состояния;

Критерий поиска – булева формула, задающая условие фильтрации объектов автоматизации, для которых необходимо изменить режим функционирования и подсветку соответствующих состояний на мнемосхеме.

Идентификатор (колонокка *Группа*) одиночной команды установки группового состояния должен иметь следующий формат: *<имя окна состояния>:<адрес объекта автоматизации>*.

С помощью групповой команды оператора удобно задавать начальное состояние любой группы объектов автоматизации и их параметров.

5.6. Межобъектовый обмен сообщениями

Модуль **Маршрутизатор** (см. Рис. 5.1.) предназначен для передачи сообщений в другие пункты технологического управления (ПТУ):

- команд оператора;
- интегрального состояния текущего ПТУ.

Для передачи и приема межобъектовых сообщений вводится новый тип ОД-переменной – **Транзитная**, описание которой включает следующие параметры:

- тип сообщения (запись / чтение)
- *индекс*
- *IP-адрес ПТУ получателя*
- *Порт ПТУ получателя*
- *имя переменной* в следующем формате:

<имя адресуемого ПТУ> <КА в адресуемом ПТУ>

Это имя выбирается из *Дерева СА* как канальный адрес виртуального параметра объекта автоматизации.

Под виртуальными параметрами подразумеваются:

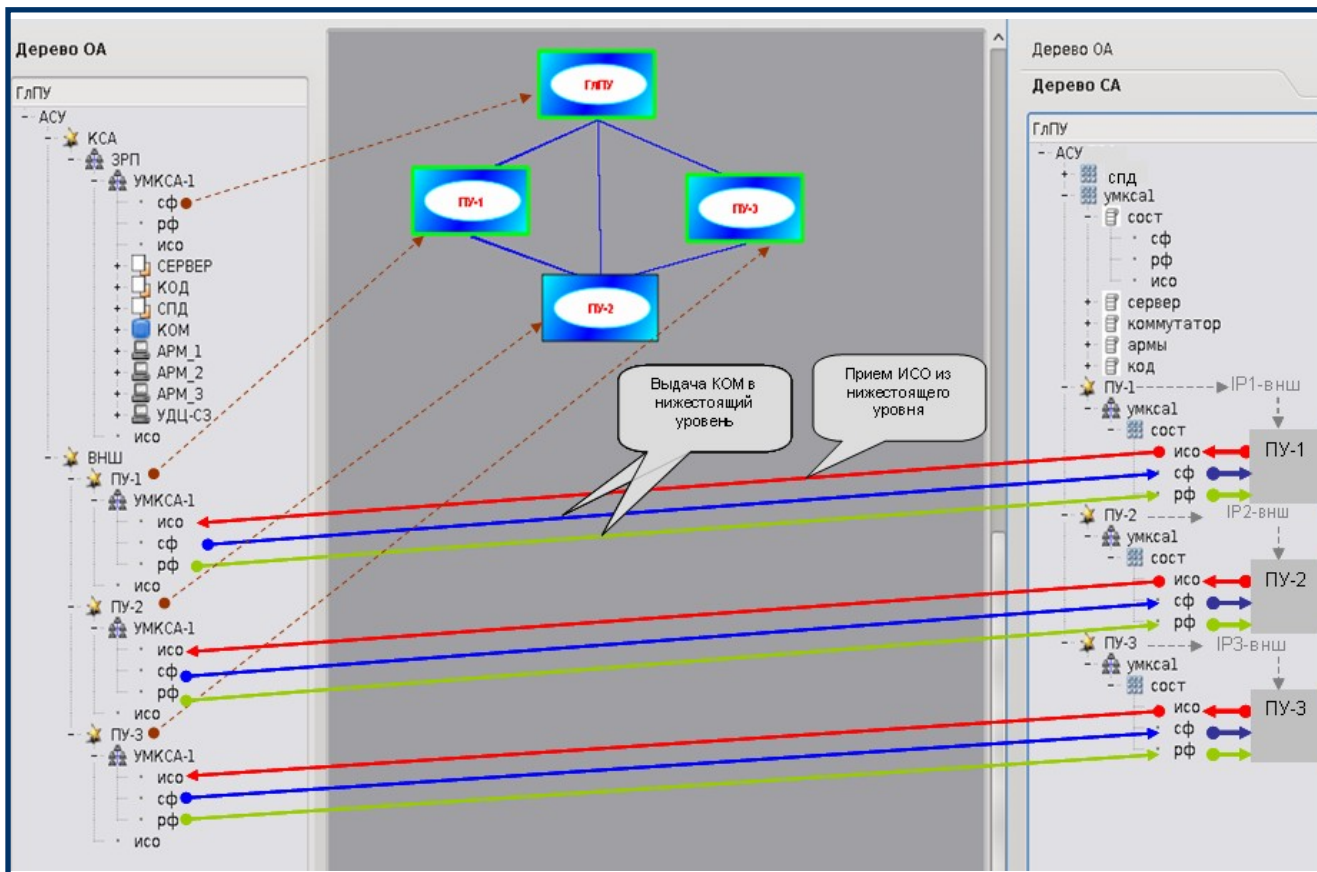
- Интегральное состояние ПТУ отправителя сообщения
- Контролируемый параметр ПТУ получателя, который необходимо изменить по команде оператора из ПТУ отправителя.

Возможно широковещательное сообщение, если задать в качестве имени адресуемого ПТУ – имя "ВСЕ".

В ПТУ получателе имя транзитной переменной должно иметь следующий формат:

<имя ПТУ-отправителя> <канальный адрес в ПТУ-отправителе>

Рис. 5.4. Пример оформления дерева СА для межобъектовых обменов сообщениями



VI. ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПОДСИСТЕМА

Унификация функций *исполнительной подсистемы* (ПСИ) позволяет в процессе интерактивного конфигурирования создавать разные системы класса СТУ. При конфигурировании создается конфигурационная база данных, которая используется исполнительной подсистемой. Никаких доработок программы не требуется.

Таким образом, любая СТУ представляет из себя комплекс, состоящий из программ ПСИ, ПСОД и конфигурационной базы данных.

Исполнительная подсистема может устанавливаться в разных пунктах технологического управления (ПТУ), размещенных в одной информационной сети типа Ethernet. При этом, в каждом ПТУ конфигурационная БД формируется отдельно и отличается от конфигурационных БД других ПТУ системы.

6.1. Режимы работы

Предусмотрены следующие режимы работы СТУ:

- Автономная работа ПТУ с имитатором состояний:
 - Имитатор размещается в том же ПТУ
 - Имитатор размещен в другом рабочем месте сети
- Работа ПТУ с реальными объектами автоматизации
- Межобъектовый обмен сообщениями с другими ПТУ на фоне первых двух режимов

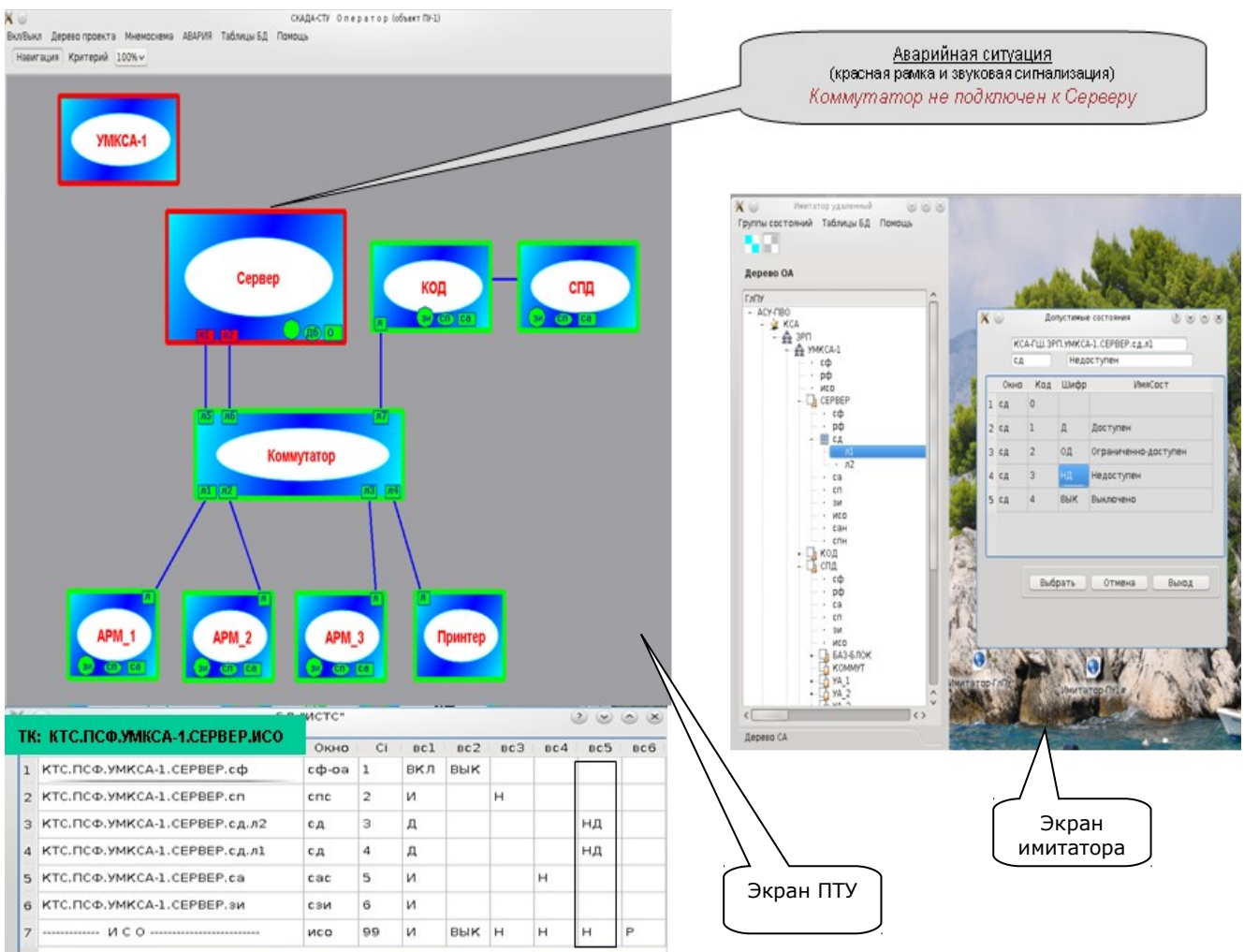
6.1.1. Автономная работа ПТУ с имитатором состояний

На Рис.6.1. Приведена схема, иллюстрирующая режим автономной работы ПТУ с имитатором состояний контролируемых параметров объектов автоматизации.

В левой части показан экран ПТУ, отображающий текущую мнемосхему, а справа экран на рабочем месте, где установлен имитатор состояний.

На экране имитатора в левой части отображается дерево проекта, соответствующее *Дереву объектов автоматизации* указанного ПТУ.

Рис. 6.1. Работа ПТУ с имитатором состояний



При активизации (клике) любого узла дерева, соответствующего контролируемому параметру ОА, на экране имитатора появится окно допустимых состояний для данного типа окна состояний. Оператор должен выбрать нужное состояние и активизировать кнопку *Выбрать*.

Выбранное состояние передастся в указанный ПТУ и на его экране отобразится новое состояние изменением подсветки выбранного окна состояния соответствующего объекта автоматизации.

Одновременно автоматически переформируется интегральное состояние выбранного объекта автоматизации и состояния всех ОА, в которых состояния прямо или косвенно связаны с поступившим состоянием.

В нашем примере новое состояние указывает, что связь *сервера с коммутатором* по окну состояния Л1 стало недоступным, и с учетом того, что связь по окну состояния Л2 уже была недоступна, то интегральное состояние *Сервера* становится *Неисправно* (красная рамка), что проиллюстрировано на ТК внизу экрана.

Неисправность *Сервера* делает систему также неисправной, что заложено в ТК на ОА УМКСА-1, и поэтому появляется красная рамка вокруг ОА УМКСА-1 с выдачей звуковой сигнализации, извещающей оператора об аварийной ситуации.

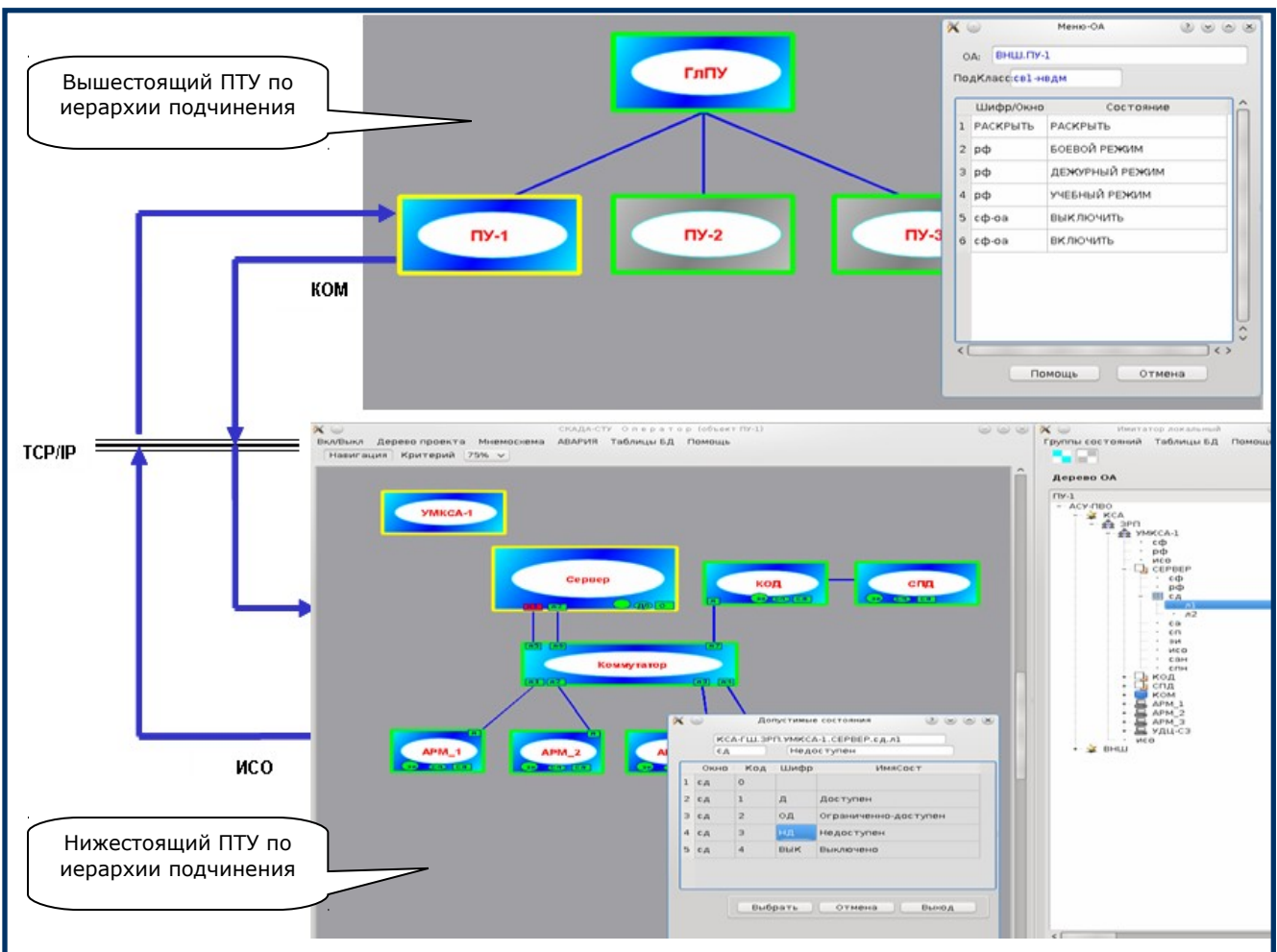
6.1.2. Обмен сообщениями между ПТУ

Между разными ПТУ предусмотрен обмен сообщениями двух типов:

- Командами оператора с вышестоящего по иерархии подчинения ПТУ в нижестоящий;
- Сообщениями об изменении интегрального состояния нижестоящего по иерархии подчинения ПТУ в вышестоящий.

На Рис. 6.2. показана схема обмена сообщениями между ПТУ.

Рис. 6.2. Обмен сообщениями между ПТУ



В верхней части рисунка показан экран вышестоящего по иерархии подчинения ПТУ, на мнемосхеме которого показан объект автоматизации ПУ-1, являющийся нижестоящим ПТУ. На экране

подчиненного ПТУ показана его мнемосхема (нижняя часть рисунка).

Передача команды

Для передачи команды в нижестоящий ПТУ оператор вышестоящего ПТУ должен вызвать меню объекта ПУ-1 (окно справа-вверху) и активизировать выбранную команду.

Вызванная команда осуществляет необходимые действия над объектом ПУ-1 в текущем ПТУ (изменит подсветку режима или состояния включения - выключения и т.п.) меняя состояние соответствующего *окна состояния* данного объекта или его *интегрального состояния* в соответствии с логикой соответствующей технологической карты (ТК).

Если в канальном адресе данного окна состояния задано нижестоящее ПТУ (см. п.п.5.6.), то программа передаст выбранную команду в указанный ПТУ, чтобы осуществить в нем требуемые действия.

Передача ИСО

В нижней части Рис 6.2. показан процесс изменения интегрального состояния объекта УМКСА-1 с использованием имитатора состояний, аналогичный процессу, описанному в п.п.6.1..

Если в канальном адресе виртуального параметра *интегральное состояние* объекта автоматизации УМКСА-1 указано имя вышестоящего ПТУ (см. п.п.5.6.), то новое ИСО будет передано в вышестоящий ПТУ и изменит там ИСО объекта ПУ-1. Таким образом, оператор вышестоящего ПТУ может отслеживать состояния всех подчиненных ПТУ.

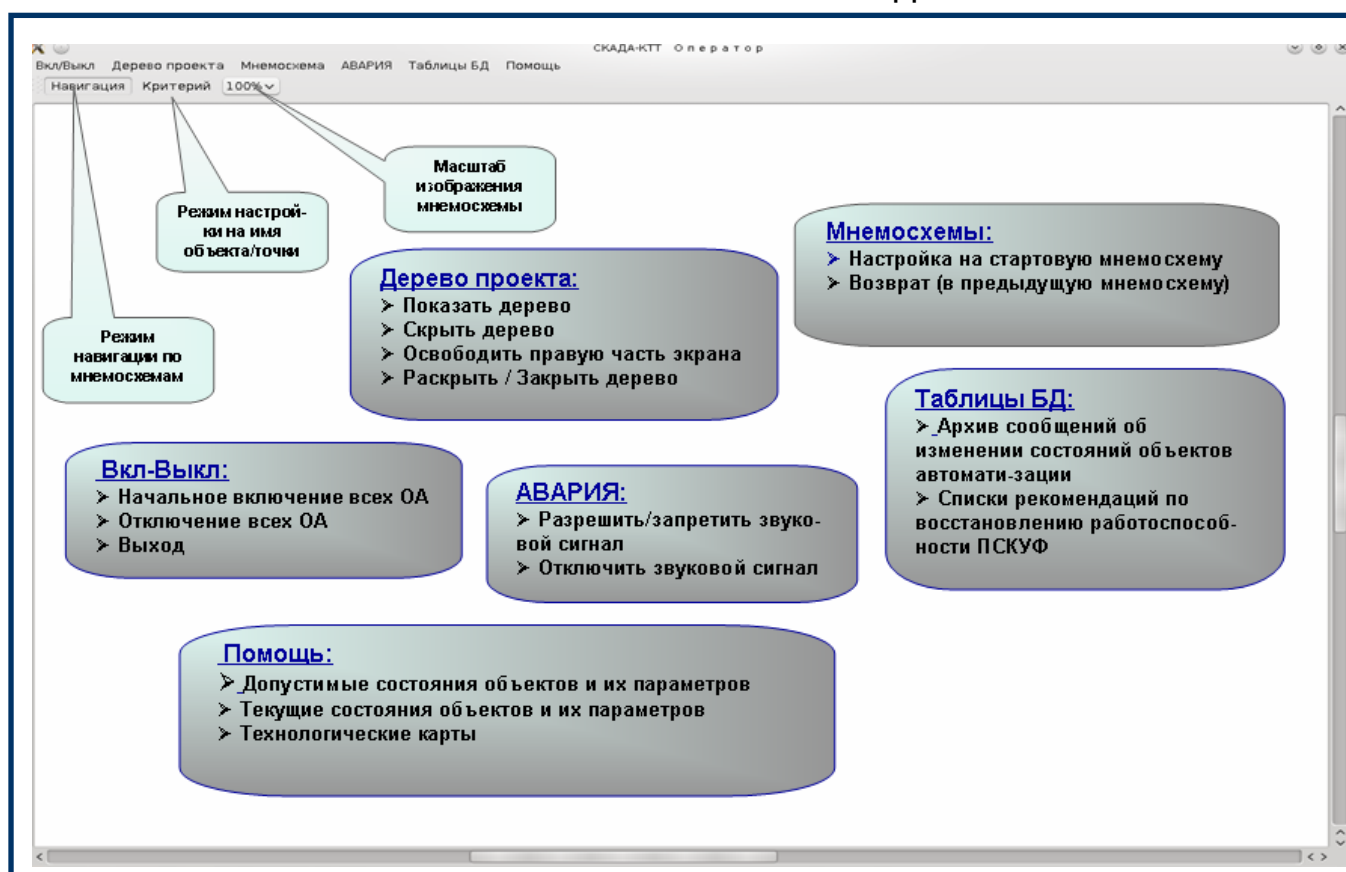
6.2. Главное меню

На Рис. 6.3. приведено главное меню исполнительной подсистемы, позволяющее оператору в интерактивном режиме осуществлять различные манипуляции по контролю и анализу состояний объектов автоматизации СТУ.

С помощью главного меню ПСИ, расположенного в верхней части экрана (горизонтальное меню), можно активизировать следующие функции:

- **Вкл-Выкл** — активизация функций по начальной установке состояний объектов автоматизации проекта или отключения процесса мониторинга этих объектов;

Рис. 6.3. Главное меню исполнительной подсистемы



- **Дерево проекта** – функции по загрузке и размещению дерева проекта на экране или удалению с экрана;

- **Мнемосхемы** – функции по настройке на стартовую мнемосхему проекта, раскрытия мнемосхем конкретных ОА и возврата в предыдущую мнемосхему ;
- **Таблицы БД** – функции просмотра исторической базы данных проекта и рекомендаций из базы знаний экспертной подсистемы;
- **Авария** – управление звуковой сигнализацией при возникновении аварийных ситуаций;
- **Помощь** – функции оперативного просмотра баз данных:
 - текущих состояний параметров ОА,
 - технологических карт,
 - допустимых состояний *ОКОН СОСТОЯНИЙ*.

В следующей строке вниз после горизонтального меню расположен переключатель, состоящий из двух взаимосвязанных кнопок для включения режима реакции программы на клик по любому узлу дерева проекта:

- ❖ **Навигация** – включение режима навигации по мнемосхемам проекта активизацией (клике) соответствующих узлов на дереве ОА проекта;
- ❖ **Критерий** - включение режима настройки на требуемый параметр ОА активизацией (клике) соответствующего узла на дереве ОА проекта для использования имени, выбранного параметра ОА, в критерии поиска данных в архиве состояний.

6.3. Включение и отключение режима мониторинга объектов автоматизации проекта

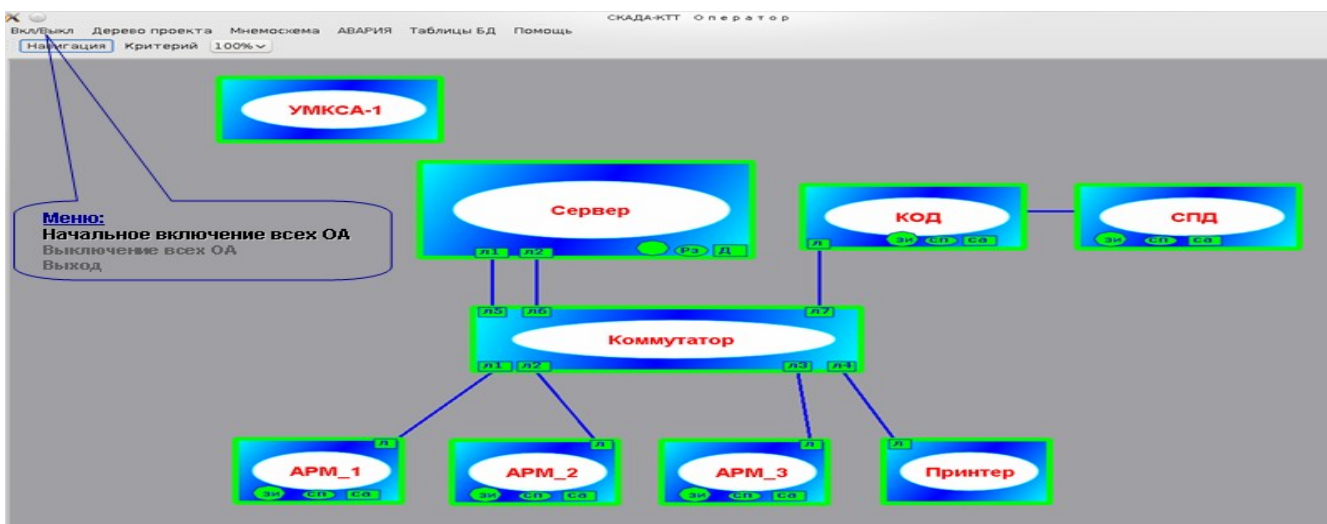
Пункт главного меню ВКЛ-ВЫКЛ содержит подпункты установки и отключения процесса мониторинга объектов автоматизации проекта.

Включение режима мониторинга

При включении режима мониторинга (см. Рис.6.4.) осуществляется начальная установка состояний объектов автоматизации проекта:

- Все объекты автоматизации переводятся в состояние *Исправно* (зеленая рамка);
- Все окна состояний каждого объекта автоматизации переводятся в состояние Исправно, Доступно и т.п., соответствующие зеленому фону окон состояний;
- Устанавливается синий фон каждого объекта автоматизации, означающий состояние *Включен*;
- Устанавливается зеленый цвет букв имени каждого объекта автоматизации, означающий *Дежурный* режим.

Рис.6.4. Включение режима мониторинга



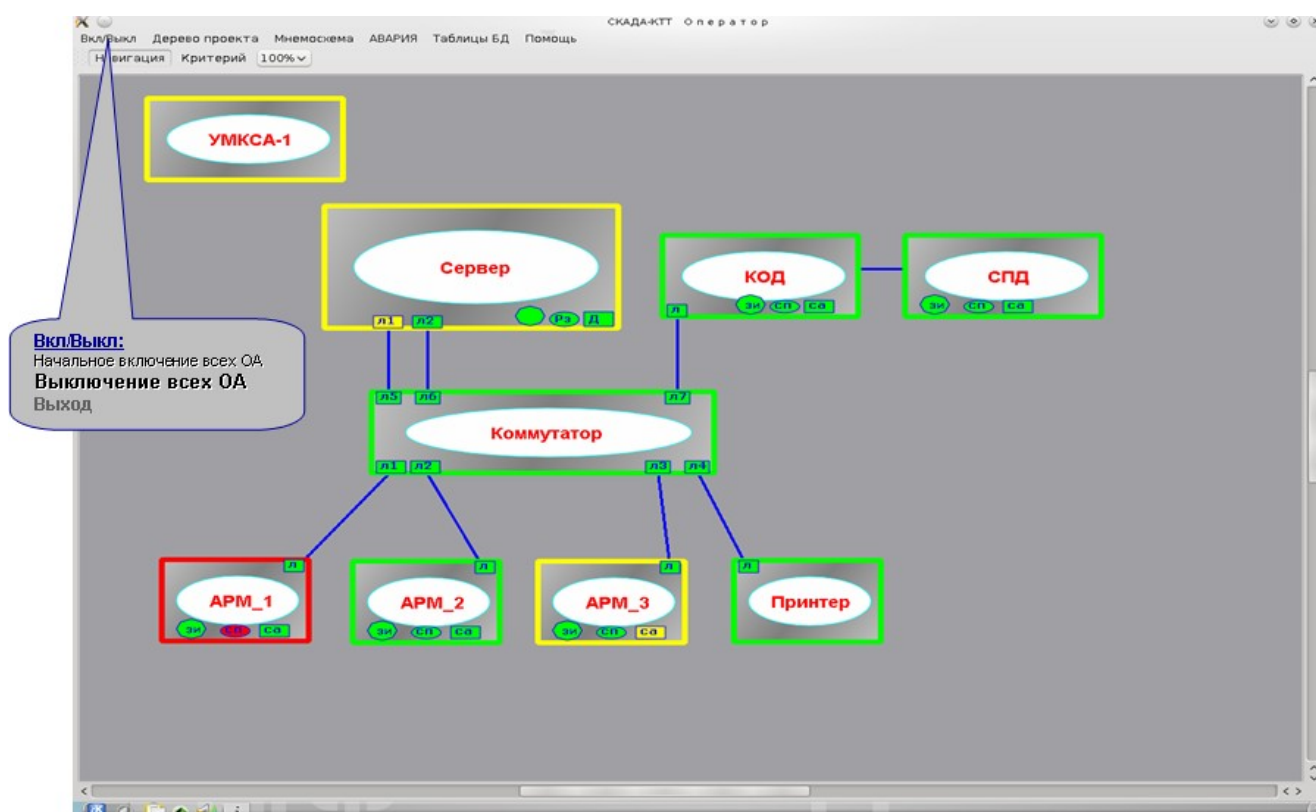
Установка значений начального состояния объектов автоматизации и его параметров осуществляется в соответствии с содержимым конфигурационной БД “Групповые состояния” и может меняться от проекта к проекту.

Отключение режима мониторинга

При отключении режима мониторинга (см. Рис.6.5.) все объекты автоматизации проекта переводятся в состояние *Выключено* (серый фон ОА). Остальные параметры объектов автоматизации фиксируются на момент отключения, позволяя детально изучить текущую ситуацию, например, при возникновении аварийной ситуации.

Состояние *Выключено* любого объекта автоматизации блокирует поступление новых состояний из подсистемы обмена данными, т.е. прекращая мониторинг объекта автоматизации.

Рис.6.5. Отключение режима мониторинга



6.4. Вложенность мнемосхем и навигация

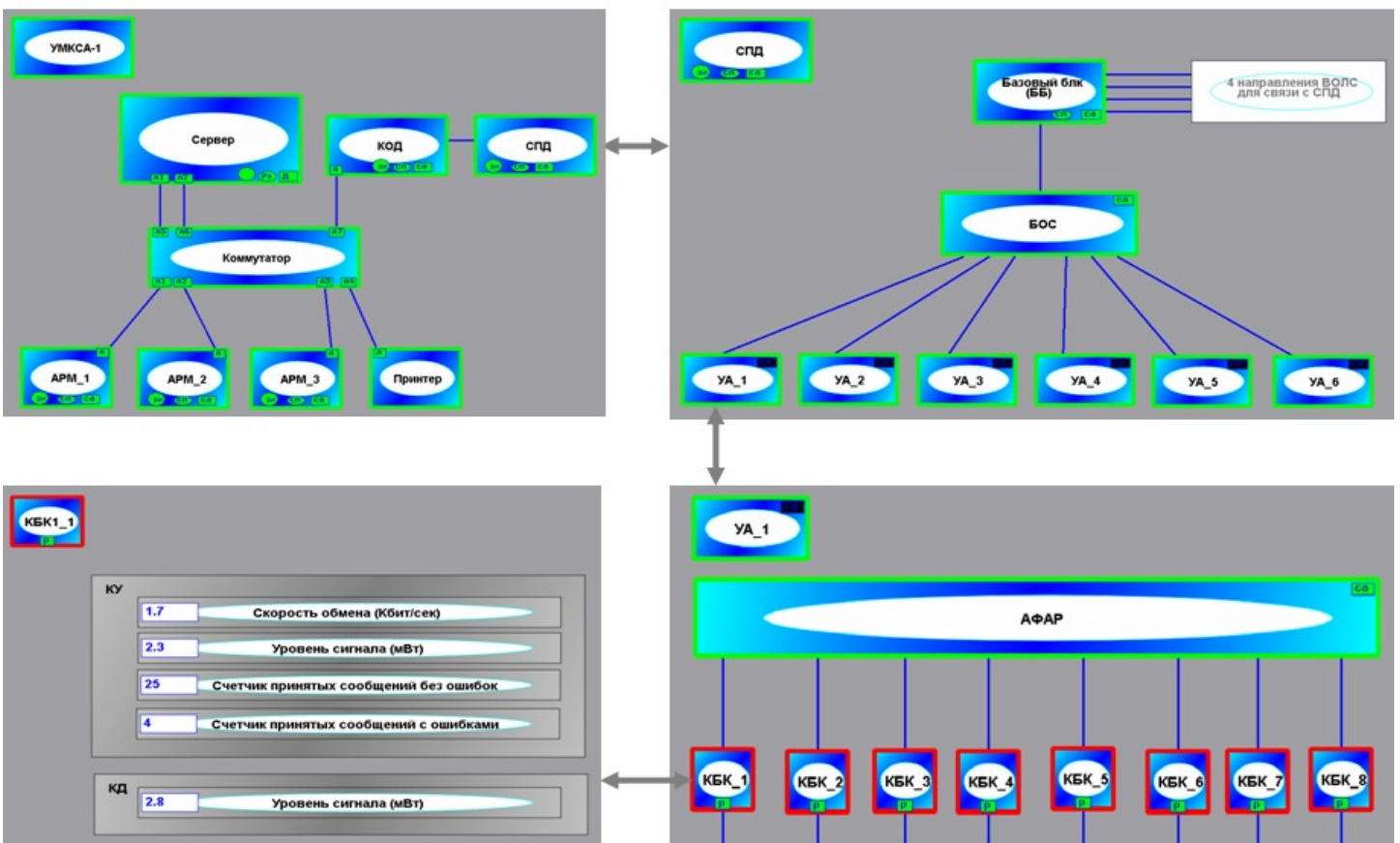
Система настроена на иерархическую структуру объектов автоматизации проекта и, соответственно, мнемосхем этих объектов.

Каждый объект автоматизации может выступать в двух ролях:

- Как графический объект текущей мнемосхемы
- Как вложенная мнемосхема, раскрывающая структуру текущего графического объекта.

Графические объекты вложенной мнемосхемы могут иметь свой уровень раскрытия (см. Рис.6.6.). Глубина вложенности объектов не ограничена.

Рис. 6.6. Пример вложенности мнемосхем проекта



Для навигации по мнемосхемам проекта имеются различные средства:

- Навигация с помощью дерева проекта (режим *Навигация*);
- Выбором опции *Раскрыть* меню оператора, выбранного графического объекта;
- Возврат в предыдущую мнемосхему:
 - Выбором опции **Мнемосхема – Возврат** главного меню;
 - Использованием горячей клавиши **Ctrl/К**.

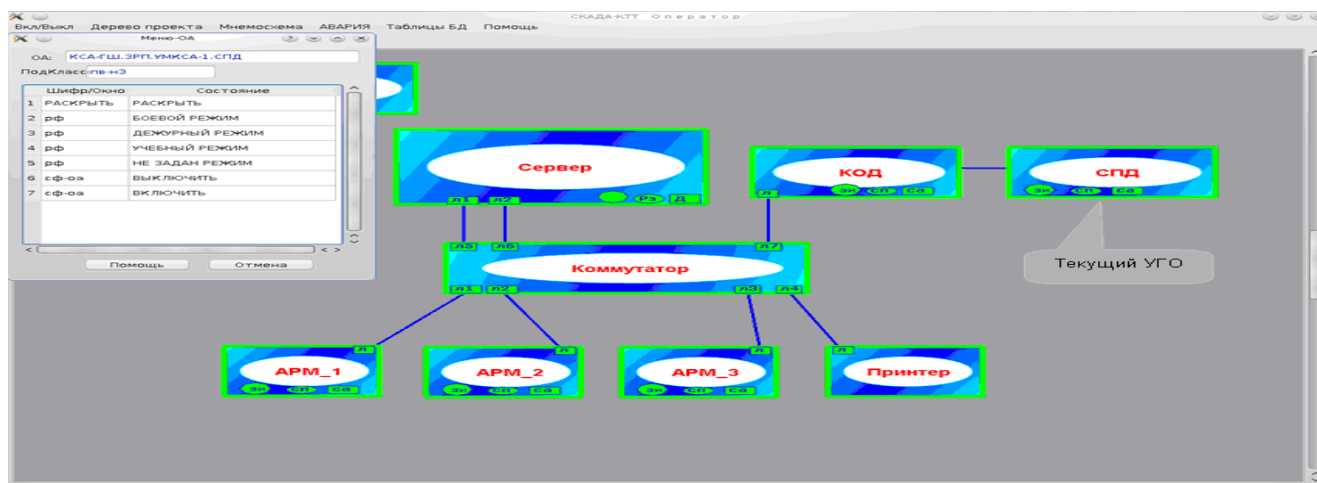
6.5. Команды оператора

Оператор может интерактивно влиять на работу системы с помощью команд оператора, выбираемых из меню текущего объекта автоматизации (см. Рис.6.7.), вызываемого нажатием правой клавиши манипулятора при установке курсора на соответствующее УГО.

Список рекомендуемых команд приведен в п.п. 3.6. .

В таблице БД “Словари команд оператора” должен содержаться весь список команд управления для любого объекта автоматизации без дублирования одних и тех же команд.

Рис. 6.7. Меню команд оператора



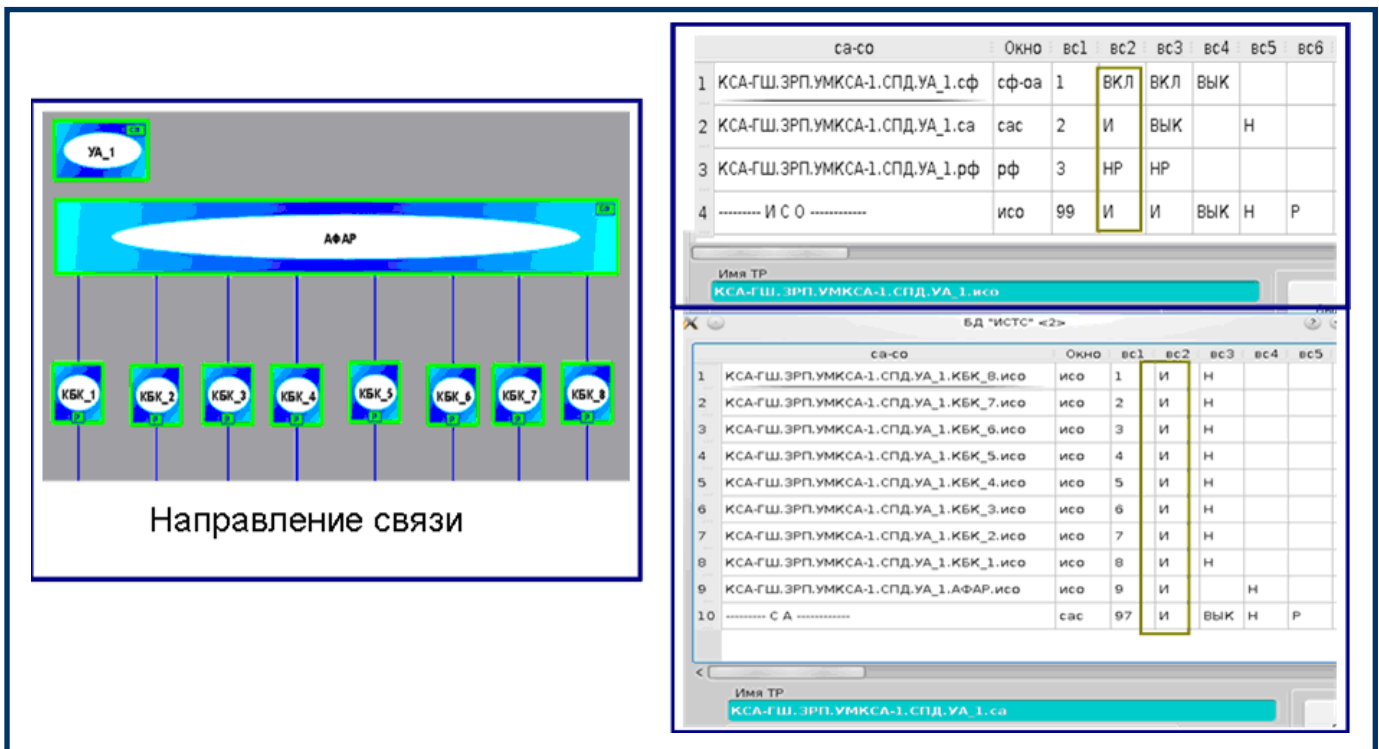
6.6. Примеры управления отображением состояний ОА

Как указывалось в п.п.3.4.2. наиболее часто в векторах состояний технологических карт (ТК) указывается не непосредственное значение состояния, а шифры, обозначающие привязку выделенных диапазонов значений физических состояний к функциональной принадлежности.

Эти функционально-ориентированные значения состояний называются *логическими* состояниями. При приеме новых физических состояний ОА им назначаются соответствующие значения логических состояний.

На Рис.6.8. показан пример управления отображением состояний окон состояний объекта автоматизации с помощью ТК по векторам логических состояний.

Рис. 6.8. Управление отображением по логическим состояниям

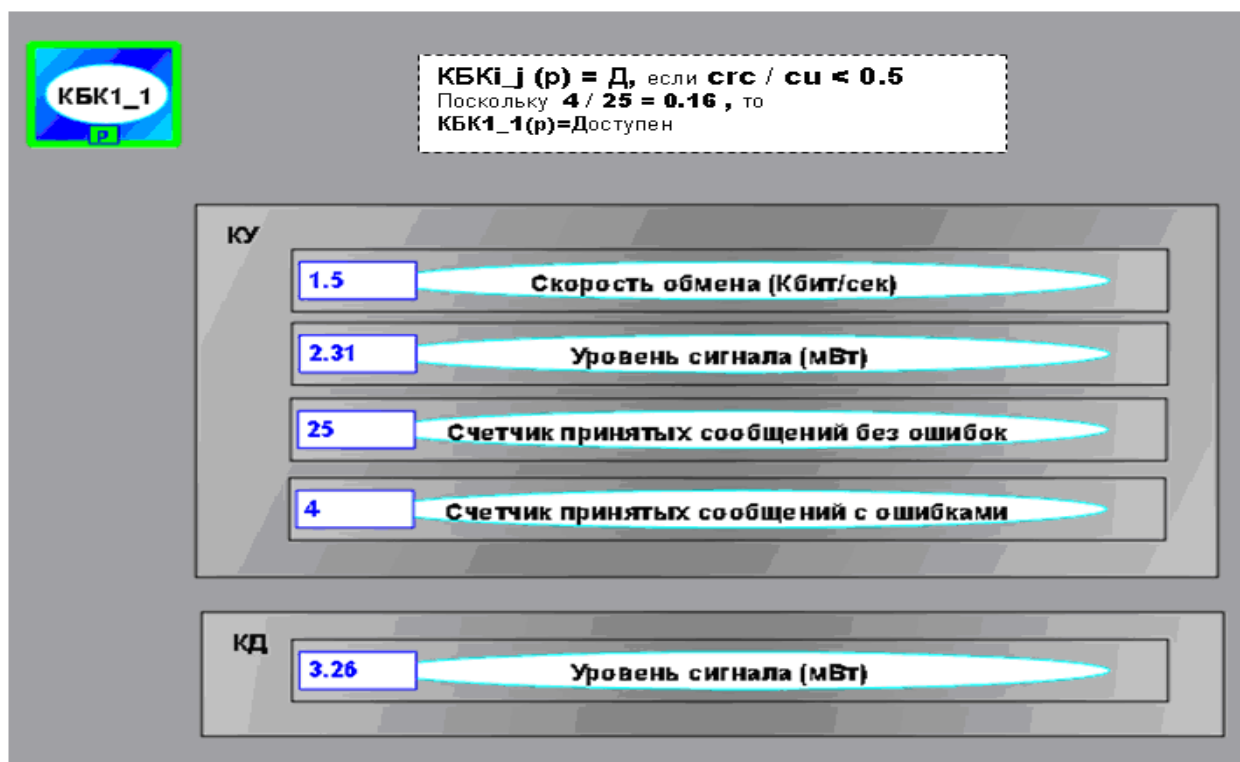


ТК, расположенная в верхнем-правом углу рисунка, управляет интегральным состоянием исходного объекта автоматизации УА-1, используя в качестве входящего параметра состояние окна состояний СА, которое формируется с помощью нижней ТК на основании текущих состояний объектов автоматизации, входящих в мнемосхему раскрытия исходного объекта УА-1.

Красными рамочками очерчены релевантные вектора состояний ТК на текущий момент времени, в соответствии с интегральным состоянием которых подсвечиваются параметры и ИСО объектов автоматизации.

На Рис.6.9. показан пример отображения непосредственно текущих физических значений состояний параметров объекта автоматизации КБК-1.

Рис. 6.9. Отображение физических состояний параметров ОА



На основании текущих физических значений **Счетчик принятых сообщений без ошибок (СУ)** и **Счетчик принятых**

сообщений с ошибками (CRC) с помощью *встроенного вычислительного выражения* (см.п.п.3.4.2.) формируется логическое состояние параметра "P" объекта КБК-1 по следующей логике:

КБК-1[p]= **Доступен**, если $CRC/CU < 0/5$

КБК-1[p]= **Работоспособен**, если $CRC/CU \geq 0/5$

Т.е., если количество принятых сообщений с ошибками не превышает половины выданных сообщений, то состояние канала КБК-1 **Доступно**. В противном случае состояние канала **Работоспособно**.

6.7. Исторический архив состояний

В процессе приема новых состояний, контролируемых параметров объектов автоматизации проекта, производится регистрация этих состояний как в БД "Текущие состояния", так и в историческом архиве состояний на текущий месяц.

Для удобства анализа содержимого архива состояний предусмотрены средства фильтрации содержимого архива по разным условиям (см. Рис.6.10).

Условия фильтрации архива состояний:

- Имя объекта автоматизации или его параметра, указанное на дереве проекта (режим *Критерий*);
- Дата и время регистрации состояния;
- Шифр окна состояний (внутрисистемное или пользовательское);
- Вид состояния;
- Значение состояния (физическое и логическое).

Рис. 6.10. Процесс фильтрации архива состояний

Режим настройки на адрес объекта или точки для выборки динамики состояний из архива

№	са_точки	физ_сост	лог_сост	вид_сост	тип_функ	окно_польз	окно_сист	Дата	Время
1	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сф	1	1	1	1	сф	сфоа	05-10-12	19:59
2	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.зи	1	1	1	1	зи	сзи	05-10-12	20:31
3	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сд.л1	2	2	1	1	л1	сд	05-10-12	21:30
4	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сд.л2	1	1	1	1	л2	сд	05-10-12	21:30
5	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.са	2	2	1	1	са	сас	05-10-12	21:30
6	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сп	2	2	1	1	сп	спс	05-10-12	21:31
7	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.зи	3	3	1	1	зи	сзи	05-10-12	21:31
8	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сан	1	1	1	1	сан	сан	05-10-12	21:31
9	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.спн	2	2	1	1	спн	спн	05-10-12	21:31
10	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сд.л1	1	1	1	1	л1	сд	05-10-12	23:14
11	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сд.л2	3	3	1	1	л2	сд	05-10-12	23:14
12	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.са	1	1	1	1	са	сас	05-10-12	23:14
13	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сп	1	1	1	1	сп	спс	05-10-12	23:14
14	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.зи	1	1	1	1	зи	сзи	05-10-12	23:14
15	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.сан	2	2	1	1	сан	сан	05-10-12	23:15
16	КСА-ГШ.ЗРП.УМКСА-1.СЕРВЕР.спн	1	1	1	1	спн	спн	05-10-12	23:15

Выбранный адрес объекта

Сортировка: По увеличению NN, По уменьшению NN, SA-канал, Сбрось фильтр

Фильтрация: SA: SA-точки, SA-объекта, ТипФунк, ВидСост, ОкноПольз, ЛогСост, ОкноСист, ФизСост, Дата, Время от - до, Выход

Все заданные параметры фильтрации взаимодействуют по условию И (дизъюнкция). Если параметр фильтрации не задан, то он не учитывается в критерии фильтрации.

VII. ЭКСПЕРТНАЯ ПОДСИСТЕМА

7.1. Основные концепции

- Поскольку интегральное состояние любого объекта автоматизации вычисляется с помощью соответствующей технологической карты, то удобно рекомендации по восстановлению работоспособности системы или отдельного ОА привязывать к соответствующей технологической карте и ее вектору состояний, по которому возник инцидент.
- Локальная База знаний должна отражать весь список ТК текущего ПТУ и соответствующие рекомендации по каждому вектору состояний, позволяя оператору принять решение по восстановлению работоспособности объектов автоматизации.
- В программе не предлагаются формальные методы формирования рекомендаций по восстановлению работоспособности системы. Программа только обеспечивает максимально возможную информацию об аварийной ситуации и различные методы доступа к ней для облегчения принятия решения по новому инциденту специалисту, хорошо знающему объект автоматизации, и регистрации новой рекомендации в базе знаний.

7.2. Структура экспертной подсистемы

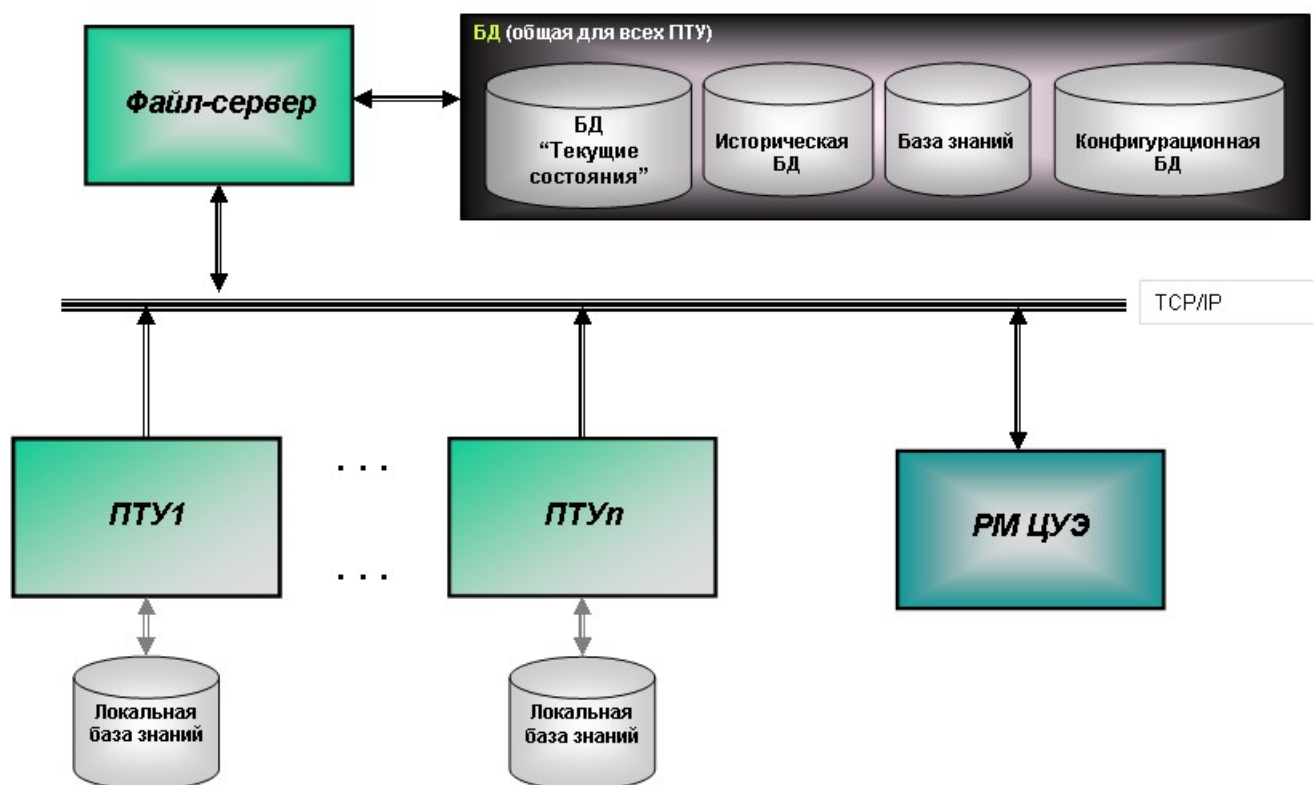
В каждом ПТУ системы формируется локальная база знаний для оперативной выборки рекомендаций по восстановлению состояния объектов автоматизации при возникновении инцидента.

Если рекомендация по восстановлению работоспособности отсутствует в локальной базе знаний и квалификации дежурного

оператора недостаточно для принятия решения, то необходимо передать БД “Текущие состояния” на момент инцидента в *рабочее место управления эксплуатацией* (РМ ЦУЭ) для поиска решения опытному эксперту.

Для обеспечения высокоскоростного обмена данными между любым ПТУ и РМ ЦУЭ необходимо организовать файл-сервер, в памяти которого должна размещаться СУБД и БД ЦУЭ. Все ПТУ и РМ ЦУЭ, в этом случае, на правах клиентов будут иметь доступ к БД ЦУЭ в режиме клиент-сервер.

Рис. 7.1. Структурно-информационная схема экспертной подсистемы



Для повышения эффективности принятия решений в БД ЦУЭ целесообразно создать следующие архивы:

- Архив баз данных “Текущих состояний” для аварийных ситуаций (инцидентов)

- Архив отчетов об анализе инцидента и принятых решениях (ввести ключи поиска)

7.3. Структура базы знаний

Как уже говорилось в п.п.7.1. идентификацию, возникающих в системе инцидентов, удобно привязывать к векторам состояний технологических карт проекта, т.к. они описывают всевозможные комбинации состояний объектов автоматизации, в том числе и аварийные ситуации.

Поэтому, ключевыми атрибутами базы знаний, по которым идет поиск инцидентов, являются следующие атрибуты (см.Рис.7.2.) :

- Имя проекта
- Имя технологической карты
- Номер вектора состояний ТК

Рис. 7.2. Основные атрибуты базы знаний

Проект	– имя проекта (совпадает с именем ПТУ)
ТК	– имя технологической карты
Тип-ОА	– тип объекта автоматизации (сервер, АРМ, коммутатор и т.п.)
NBC	– номер вектора состояния, для которого дана рекомендация
Текст	– текст рекомендации по восстановлению работоспособности системы

Если объект автоматизации является типовым, т.е. соответствующий визуальный класс многократно используется в

мнемосхемах, и технологические карты таких ОА имеют одну и ту же структуру, то описание рекомендаций по восстановлению работоспособности таких объектов автоматизации одинаковы для аналогичных векторов состояний ТК.

Нет смысла в базе знаний хранить все многообразие однотипных ТК. Достаточно иметь один экземпляр такой ТК, а поиск рекомендаций осуществлять не по имени ТК, а по атрибуту Тип-ОА, указывающий тип объекта автоматизации.

Для хранения рекомендации по восстановлению работоспособности объектов автоматизации предназначено поле **Текст**. Для одного вектора состояния может быть сформировано несколько рекомендаций (несколько строк базы знаний).

7.4. Основные компоненты и функции экспертной подсистемы

В программе не предлагаются формальные методы формирования рекомендаций по восстановлению работоспособности системы. Программа только обеспечивает эксперта максимально возможной информацией об аварийной ситуации и предоставляет интерактивные методы доступа к ней для облегчения принятия решения по новому инциденту специалисту, хорошо знающему объект автоматизации, с возможностью регистрации новых рекомендаций в базе знаний.

При наличии формальных методов анализа инцидентов для определенных типов объектов автоматизации, соответствующие программные процедуры можно включать в подсистему ПСЭ.

Рис. 7.3. Структурно-функциональная схема ПСЭ

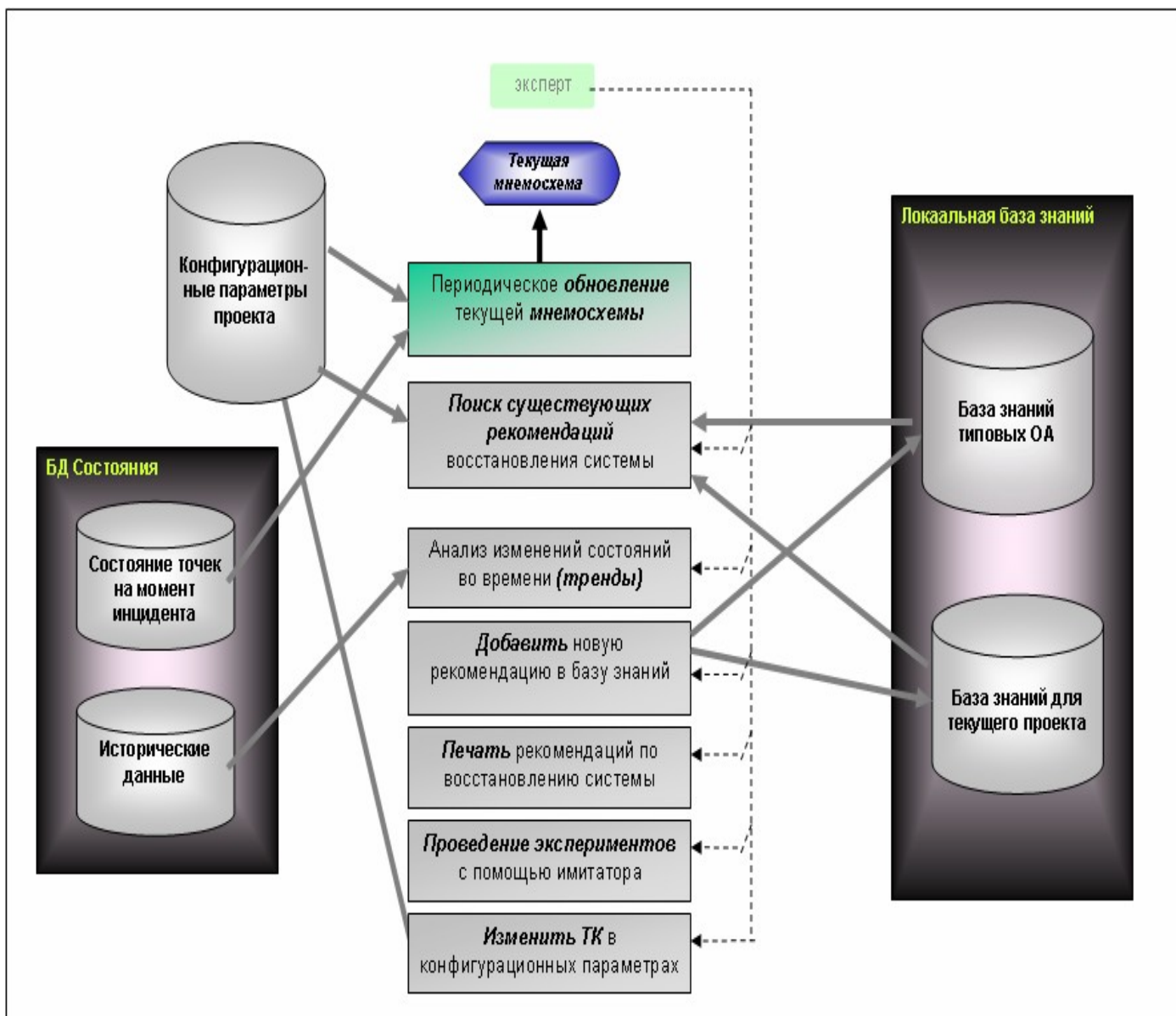


Рис. 7.4. Основные компоненты ПСЭ и их функции

<i>nn</i>	<i>Компонент</i>	<i>Действия</i>
1	<i>Просмотр мнемосхем</i>	Как в программе ПСИ Распечатать транзакцию неисправности Распечатать ТК+BCi Эксперименты с разными состояниями с помощью имитатора
2	<i>Поиск рекомендаций</i>	Указать на дереве точку (имя ТК) -> BCi Поиск рекомендаций в БЗ по ПРОЕКТ+ТР+BCi
3	<i>Тренды</i>	Формирование критерия поиска изменений значений параметров во временном диапазоне Вывод графика изменения состояний параметров
4	<i>Добавить рекомендацию</i>	Фильтр по ТК+BC Окно ввода текста рекомендаций Добавить строку рекомендаций с теми же ТР+BCi
5	<i>Печать рекомендаций</i>	Печать рекомендаций аналогичных ситуаций Печать рекомендаций по ТК+BC (любых) Печать рекомендаций по ТР (для всех BC)
6	<i>Изменить ТР</i>	См. Конфигуратор Проверить с помощью имитатора Сообщить в ПУi данные об изменении ТР
7	<i>Характеристики ОА</i>	Сравнить текущие значения параметров с допустимыми характеристиками Распечатать все характеристики Распечатать нестыковки

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выделим основные принципы построения *Систем контроля и управления*:

- *Объектно-ориентированный подход*, позволяющий проектировать АСКУ от простого к сложному с наследованием свойств от объекта-родителя к входящим объектам;
- Объект автоматизации рассматривается как полнофункциональный проект в миниатюре с полным набором описаний документов (мнемосхем, технологических карт, отчетов и описаний свойств параметров объекта автоматизации) и возможностью сохранять описание объекта в библиотеке типовых объектов с последующим использованием в объектах более высокого уровня (обеспечение принципа *масштабируемости и адаптивности*);
- Для обеспечения навигации по используемым средствам автоматизации и объектам автоматизации предусматривается два дерева объектной иерархии, соответственно средств и объектов автоматизации;
- Полная независимость иерархической модели средств автоматизации от объектов автоматизации позволяет создавать их в любом порядке, а затем связывать друг с другом;
- Деревья объектной иерархии широко используются для формирования документов объектов автоматизации;
- Обеспечивается обмен данными между рабочими станциями системы автоматизации разного уровня по любому объекту автоматизации с учетом прав доступа оператора;

- Предусматривается механизм описания расчетных переменных в виде *технологических карт*, формируемых *методом таблиц решений*;
- Для обеспечения анализа проблемных ситуаций с помощью различных выходных документов объекта автоматизации, организации процессов резервирования и восстановления системы при сбоях в оборудовании системы автоматизации, а также для обеспечения связи с внешними подсистемами осуществляется архивирование данных, циркулирующих в системе;
- Обмен данными между контролируемым внешним оборудованием и исполнительной частью АСКУ осуществляется через унифицированные интерфейсы;
- Параметры настройки АСКУ на конкретные ОА оформляются в виде конфигурационной БД и могут поставляться в виде отдельного машинного носителя.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

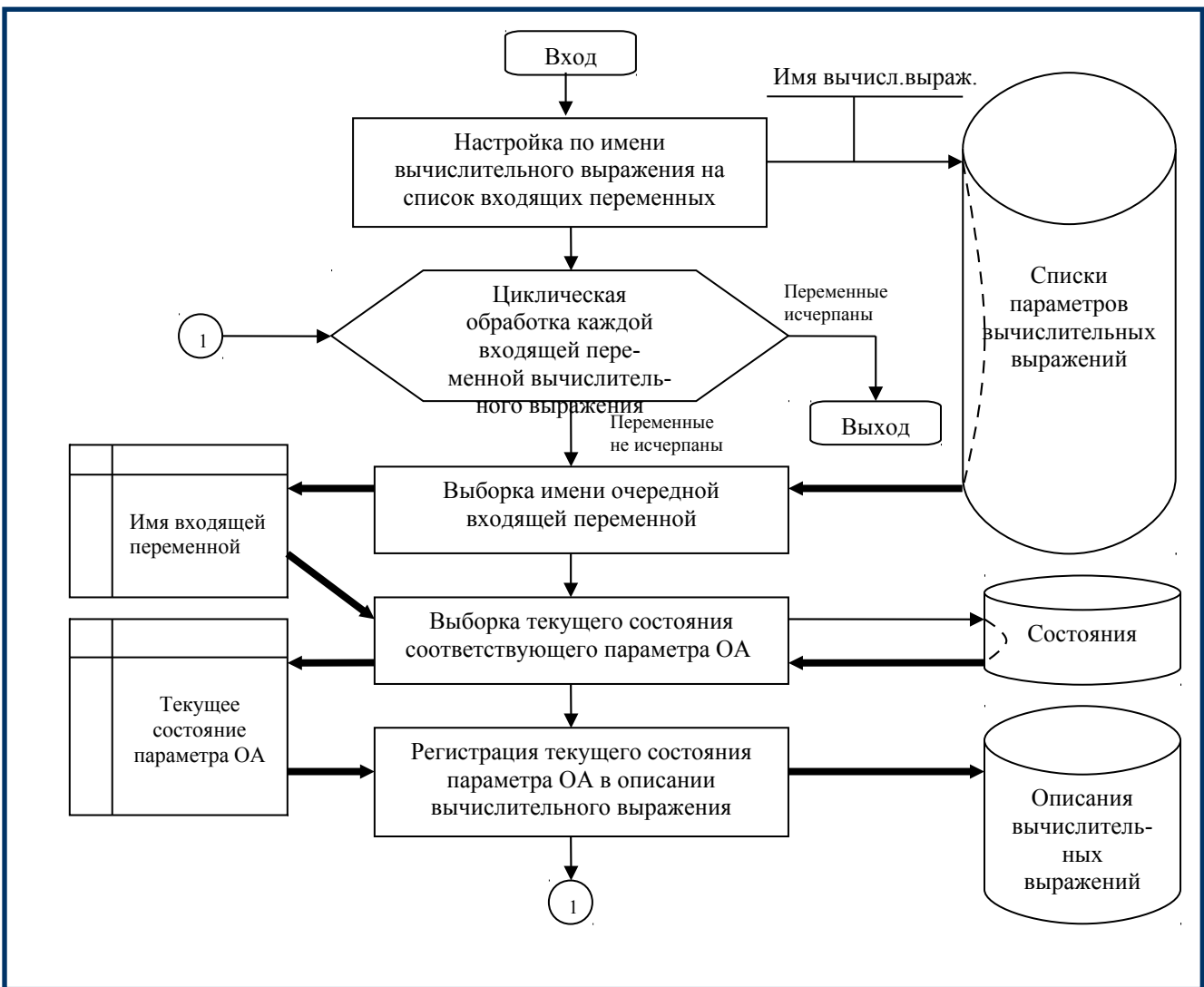
ОРС-сервер	Стандартизированная подсистема обмена данными в SCADA-системах
ОД-переменная	<i>Переменная обмена данными</i> – конфигурационные описания ПСОД, с помощью которых осуществляется опрос состояний контролируемых параметров объектов автоматизации
SCADA	<i>Supervisory Control and Acquisition</i> (диспетчеризация сбора данных и управление)
АСКУ	<i>Инструментальная Адаптивная система контроля и управления</i>
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
БД	База данных
ИСО	Интегральное состояние
КА	Канальный адрес
ОА	Объект автоматизации
Окно состояния	Визуальный эквивалент контролируемого параметра объекта автоматизации
ПО	Программное обеспечение
Проект	АСКУ, сконфигурированная под конкретный комплекс СВТ
ПСИ	Исполнительная подсистема
ПСК	Подсистема конфигурирования
ПСОД	Подсистема обмена данными
ПСЭ	Экспертная подсистема
ПТУ	Пункт технологического управления
РМ ЦУЭ	Рабочее место <i>Центра управления эксплуатацией</i>
СВТ	Средства вычислительной техники
СКУ	Конечная <i>Система контроля и управления для</i>

	конкретных комплексов объектов автоматизации
СУБД	Система управления базами данных
ТК	Технологическая карта
УГО	Унифицированный графический объект – визуальный эквивалент объекта автоматизации

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Пример - Встраиваемые вычислительные выражения

<p><u>Конфигурирование:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Формирование списка входящих параметров вычислительного выражения <ul style="list-style-type: none"> ○ Выбор имени соответствующего узла из дерева проекта в качестве имени формулы ○ Выборка имён соответствующих узлов из дерева проекта в качестве входящих параметров вычислительного выражения ➤ Формирование в интерактивном режиме описания выражения с использованием выбранных имен входящих параметров 	<p><u>Вычисление выражения в режиме интерпретации (на стадии исполнения):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Замена шифров входящих переменных на значения текущих состояний, соответствующих контролируемых параметров ОА, имена которых ранее были выбраны из дерева проекта ➤ Процесс вычисления выражения
--	---

1. Замена шифров на текущие значения состояний параметров ОА



2. Процесс вычисления выражения

Основные требования:

- Вычислительное выражение задается в виде символьной строки
- В вычислительном выражении могут использоваться только операции:
 - “+” - сложение; “-” - вычитание ;
 - “*” - умножение; “/” – деление
- В вычислительном выражении могут использоваться круглые скобки для задания последовательности вычисления
- В качестве элементов в вычислительном выражении могут использоваться результаты вычисления других вычислительных выражений и обычные константы

