



ВНИИА  
РОСАТОМ



# ТПТС-СБ

Описание платформы

© ФГУП «ВНИИА», 2025. Все права защищены

Копирование, передача третьим лицам или использование данного документа или его содержимого без согласия правообладателя запрещена.

Раздел документации	Информация о платформе ТПТС-СБ/ Общая информация по ТПТС-СБ
Название документа	Описание платформы ТПТС-СБ
Идентификатор документа	T142-08/277-17
Версия документа	1.0
Кол-во страниц в документе	41
Документ утвержден	T142-08/277-17 ЛУ



## Аннотация

Данное описание предназначено для ознакомления с назначением платформы ТПТС-СБ, ее характеристиками и содержит перечень компонентов платформы.

### Ключевые слова:

АС, контроль и управление, ТПТС-СБ, диверситет



## Оглавление

1	Общее описание видов программного обеспечения..	6
1.1	Классификация .....	6
2	Управляющая система безопасности на базе ТПТС-СБ	7
3	Оборудование платформы ТПТС-СБ .....	11
3.1	Характеристики стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействиям	13
3.2	Стойка приборная ввода-вывода .....	14
3.2.1	Номенклатура модулей стойки приборной ввода-вывода	15
3.3	Стойка приборная автоматизации .....	18
3.3.1	Номенклатура модулей стойки приборной автоматизации	19
3.4	Стойка приборная приоритетного управления ...	20
3.4.1	Номенклатура модулей стойки приборной приоритетного управления	21
4	Интерфейсы ТПТС-СБ .....	23
5	Концепция безопасности .....	25
6	Диагностика и сигнализация .....	27
7	Инжиниринг и документирование .....	28
	- позволяет проверить логику алгоритмов технолога ..	29
	- обеспечивает "сборку" проекта технолога, проверку исходящих и принимаемых сигналов	29
	- позволяет визуально проверить алгоритмы ПТК .....	29
	- обеспечивает статическое тестирование GET-проекта	29
	- входит в функциональные испытания .....	29
	- проверяет технические средства .....	29
8	Аспекты кибербезопасности .....	31
9	Интеграция систем ТПТС .....	32
10	Этапы изготовления ПТК .....	33
11	Сервисные средства. Диагностическая станция..	37
12	Сервисные устройства. Имитаторы .....	38
13	Поддержка в эксплуатации .....	39
14	Принятые сокращения .....	40

# 1 Общее описание видов программного обеспечения

## 1.1 Классификация

Комплекс средств автоматизации ТПТС-СБ предназначен для построения программно-технических комплексов систем контроля и управления многоканальной управляющей системы безопасности (УСБ) из состава АСУ ТП АЭС.

Платформа ТПТС-СБ включает в себя набор аппаратных и программных средств, необходимых для реализации всех функций контроля и управления АСУ ТП, а также средства инжиниринга, конфигурирования и диагностики.

Платформа ТПТС-СБ обеспечивает информационную совместимость с платформами ТПТС-НТ и ТПТС-ЕМ.

Опыт применения средств автоматизации на базе платформы ТПТС включает в себя более 40 энергоблоков по всему миру.

**Настоящее описание представляет собой обзор платформы ТПТС-СБ в части:**

- **построения управляющих систем безопасности**
- **оборудования платформы и ее интерфейсов**
- **концепции безопасности**
- **диагностики и сигнализации**
- **инжиниринга и документирования**
- **аспектов кибербезопасности**
- **интеграции с другими платформами ТПТС**
- **описания сервисных средств и устройств**
- **технической поддержки**

## 2 Управляющая система безопасности на базе ТПТС-СБ

Управляющая система безопасности (УСБ) на базе платформы ТПТС-СБ включает в себя:

- иницирующую часть аварийной защиты (АЗ) реактора;
- иницирующую часть управляющей системы безопасности технологической;
- исполнительную часть УСБТ с функцией приоритетного управления.

УСБ на основе оборудования платформы ТПТС-СБ удовлетворяет следующим требованиям:

- защита от единичного отказа;
- защита от отказа по общей причине;
- независимость и физическое разделение.

УСБ на основе платформы ТПТС-СБ выполняет следующие функции:

- измерение технологических параметров;
- логическую обработку, обнаружение аварийного состояния;
- выполнение алгоритмов управления защитными действиями;
- индивидуальное управление исполнительными механизмами (ИМ) УСБ по автоматическим и дистанционным командам УСБ и из системы нормальной эксплуатации (СНЭ) с обеспечением приоритета команд УСБ;
- представление информации о состоянии управляемого оборудования и исполнении заданных алгоритмов;
- передачу информации о технологических параметрах в оборудование СНЭ;
- при отсутствии ядерной аварии управление исполнительными механизмами по автоматическим командам управления из СНЭ;
- дистанционное управление по командам оператора от панелей блочного пункта управления / резервного пункта управления (БПУ/РПУ).

## ОСОБЕННОСТИ КСА ТПТС-СБ

**ТПТС-СБ спроектирована в соответствии с МЭК 62340 с учетом соблюдения требований принципа управляемого отказа**

**Аппаратное и программное разнообразие**

**Две независимые группы разработчиков  
встроенного программного обеспечения**

**Исключены операционные системы**

**Закрытые протоколы обмена данными**

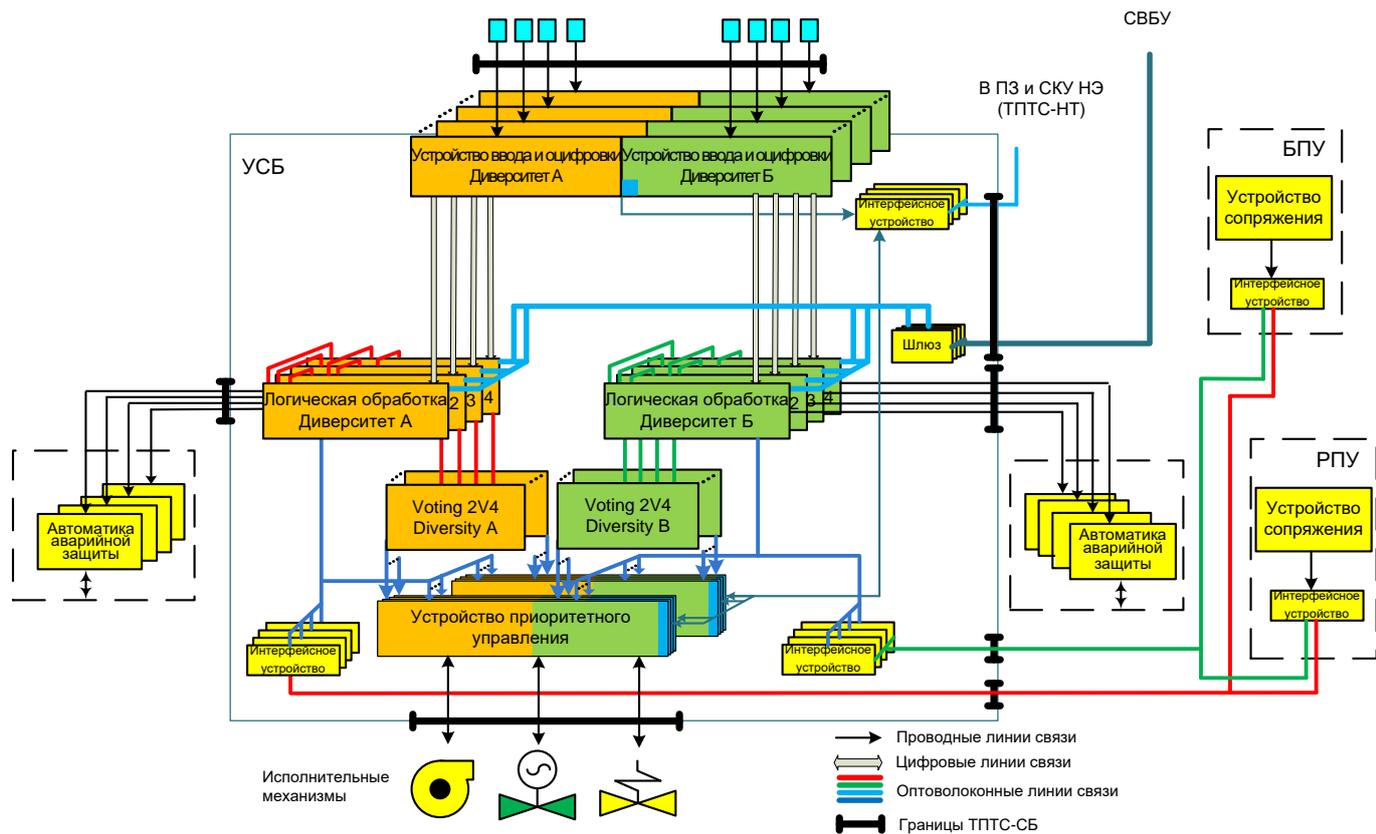
**Исключена синхронизация и привязка ко времени**

**Применены только одноабонентные независимые  
информационные связи**

**Исключено пользовательское параметрирование  
функций обмена данными**

**Односторонняя передача данных от ТПТС-СБ в СВБУ и  
СНЭ**

Характерной особенностью платформы является «встроенное разнообразие». Это значит, что любая функция управления и защиты (прием аналоговых и дискретных сигналов, логическая и математическая обработка, выдача аналоговых и дискретных сигналов) производится одновременно двумя различными средствами, называемыми диверситетами. Диверситеты построены по принципам аппаратного и программного разнообразия в соответствии с концепцией безопасности. Таким образом, платформа ТПТС-СБ "автоматически" обеспечивает защиту от отказа по общей причине, не заставляя проектировщика применять специальные меры по введению разнообразия, усложняя систему и снижая ее надежность и эффективность.



Пример структуры четырехканальной УСБ на основе оборудования платформы ТПТС-СБ

Модули связи с процессом имеют два внутренних аппаратно и программно независимых тракта (А и Б) приема и обработки сигналов.

Процессоры автоматизации отвечают за логическую обработку информации, полученной от модулей связи с процессом.

Процессоры автоматизации и коммуникационные модули имеют два варианта исполнения: диверситет "А" и диверситет "Б". Эти реализации различны аппаратно и полностью независимы.

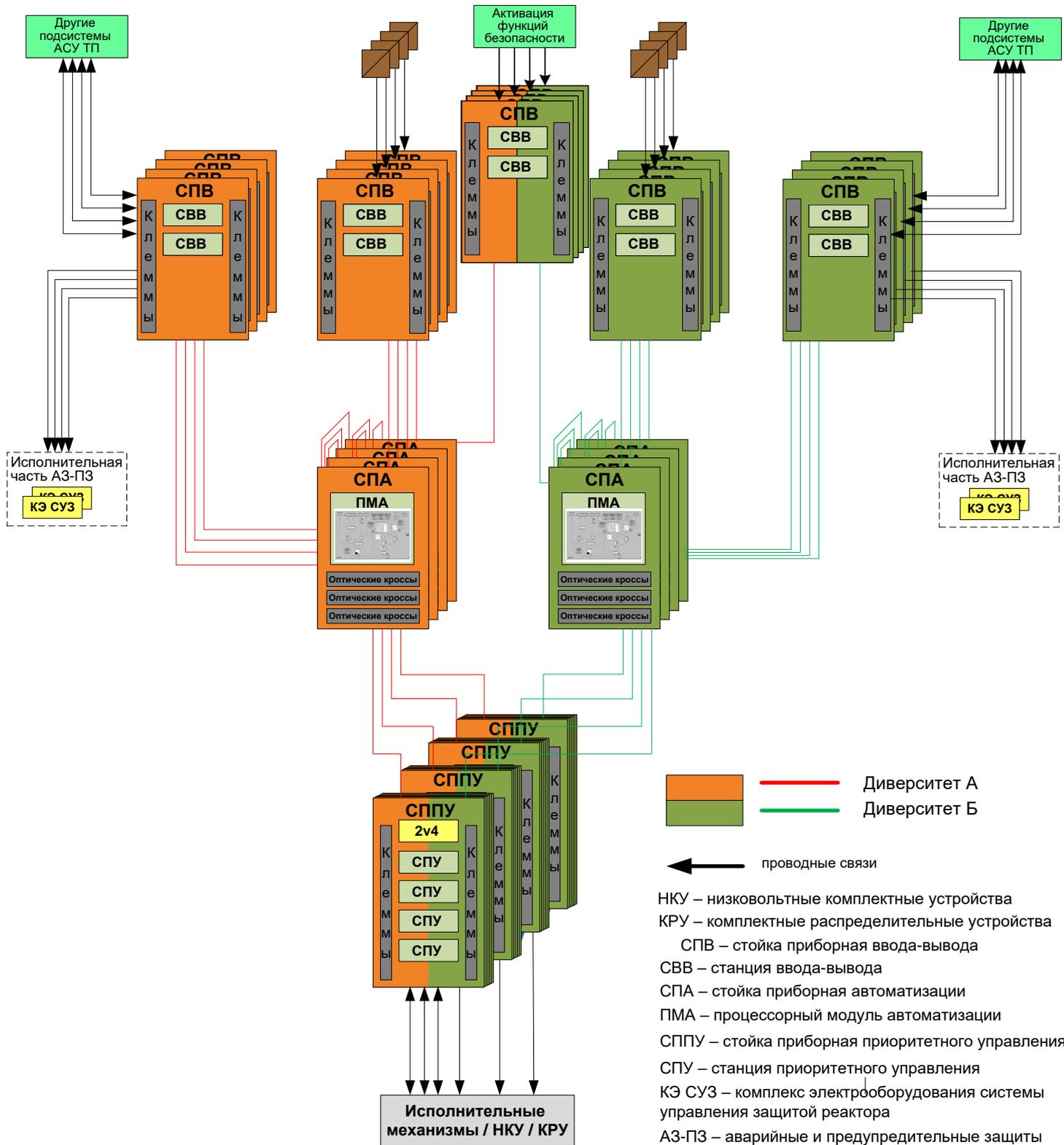
Связи между каналами осуществляются посредством оптических линий связи. При использовании электрических линий связи используется гальваническое разделение сигналов, что не допускает распространения отказа.

Аналогично реализована связь с панелями безопасности пунктов управления БПУ/РПУ.

Канал управляющей системы безопасности можно разделить на следующие уровни (направление передачи указано стрелками на рисунке):

- Уровень приема сигналов от первичных преобразователей и инициирующих сигналов от других подсистем.
- Уровень логической обработки пользовательских алгоритмов. На этом уровне также выполняется голосование по инициирующим сигналам между каналами УСБ и выдача обобщенных сигналов АЗ в исполнительную часть АЗ, логически обработанных сигналов в другие подсистемы и формирование автоматических команд в исполнительную часть УСБТ.

- Уровень голосования автоматических команд УСБТ между каналами УСБ для исключения формирования ложной команды на исполнительный механизм.
- Уровень исполнительной части УСБТ, т.е. приоритетного управления.



### 3 Оборудование платформы ТПТС-СБ



Платформа ТПТС-СБ включает:

- **Стойки приборные ввода-вывода (СПВ)** напольного исполнения, двухстороннего обслуживания содержащие:
  - станции ввода-вывода (СВВ), включающие следующее оборудование:
    - модули связи с процессом (МСП), которые принимают (выдают) сигналы по аппаратно и программно независимым каналам безопасности диверситетов "А" и "Б";
    - преобразователи интерфейсов крейта (ПИК) диверситетов "А" и "Б", которые обеспечивают коммуникационные связи СВВ с контроллерами автоматизации соответствующих диверситетов установленные в приборной стойке автоматизации;
    - интерфейсные модули (ИМН), обеспечивающие коммуникационные связи СВВ с процессором автоматизации нормальной эксплуатации, обслуживающим данную СПВ;
  - крейт контроллера автоматизации нормальной эксплуатации (КА НЭ), включающий:
    - процессорные модули автоматизации нормальной эксплуатации (ПМА НЭ), обеспечивающие обработку технологических параметров и сигналов самодиагностики, а также передачу данных в СНЭ в необходимом объеме и вызов обслуживающего персонала к оборудованию ТПТС ПТК УСБ при обнаружении неисправности;
    - модули ввода-вывода дискретных сигналов, обеспечивающие сбор аппаратных сигналов неисправности типовых элементов замены (ТЭЗ);
  - комплект распределения питания (КРП);
  - коммуникационное оборудование.

➤ **Стойки приборные автоматизации (СПА)** напольного исполнения, двухстороннего обслуживания содержащие:

- крейты контроллера автоматизации системы безопасности (КА СБ) разных диверситетов: диверситета "А" - КА-А, диверситета "Б" - КА-Б, включающие:
  - процессорный модуль автоматизации СБ (ПМА СБ) соответствующего диверситета (ПМА А / ПМА Б), который является основным программируемым вычислительным устройством. Модуль обеспечивает необходимые коммуникационные связи с СВВ данного канала и с ПМА А / ПМА Б других каналов СБ и выполнение прикладных алгоритмических задач;
  - 4-х канальные модули размножители диверситетов "А" и "Б": (МР-4А, МР-4Б), обеспечивающие сопряжение ПМА А и ПМА Б с источниками и приемниками информации по цифровым трактам связи диверситетов "А" и "Б" соответственно;
- комплект распределения питания;
- коммуникационное оборудование.

➤ **Стойки приборные приоритетного управления (СППУ)** напольного исполнения, двухстороннего обслуживания содержащие:

- крейты станций приоритетного управления (СПУ) с:
  - модулями приоритетного управления электродвигателем, запорной арматурой, выключателем, магнитным клапаном (МПУ) и регулирующим клапаном (МПУР);
  - модулями голосования диверситета "А" и "Б": (МГ А и МГ Б), которые принимают по соответствующему диверситету автоматические команды управления от ПМА А / ПМА Б данного канала СБ и команды управления других каналов СБ, обрабатывают одноименные команды по алгоритму голосования "2 из 4" или "2 из 3" (в зависимости от количества каналов СБ) и выдают результат обработки по назначению в конкретный МПУ или МПУР;
  - модулями-коммутаторами голосования диверситета "А" и "Б" (МКГ А и МКГ Б), обеспечивающие обмен данными МГ А / МГ Б с ПМА А / ПМА Б данного канала и других каналов СБ по соответствующему диверситету;
- крейт контроллера автоматизации нормальной эксплуатации (КА НЭ) - такой же крейт, как и в стойках приборных ввода-вывода;
- комплект распределения питания;
- коммуникационное оборудование.

➤ **Стойки питания (СП)** напольного исполнения.

В зависимости от типа сети внешнего питания СП может иметь следующие исполнения:

- стойка питания «~220V» – внешнее питание от двух сетей однофазного переменного тока 220 В;

- стойка питания «=220V» – внешнее питание от двух сетей постоянного тока 220 В;
  - стойка питания «~220V» – внешнее питание от сети переменного однофазного тока 220 В и от сети постоянного тока 220 В.
- **Средство конфигурирования** - инженерная станция (ИС) с установленным средством автоматизированного проектирования GET-R1.

### 3.1 Характеристики стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействиям

Стойки ТПТС-СБ являются стойкими к воздействию:

- температуры окружающего воздуха от плюс 1 до плюс 40 °С;
- относительной влажности воздуха 80 % при температуре 25 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- атмосферного давления от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Стойки ТПТС-СБ являются стойкими к сейсмическому воздействию, соответствующему максимальному расчетному землетрясению (соответствует требованиям категории I согласно НП-031-01).

Что касается стойкости к проникновению твердых частиц и воды, стойки ТПТС-СБ имеют степень защиты IP20.

Стойки ТПТС-СБ соответствуют требованиям электромагнитной совместимости. Соответствие оборудования ТПТС-СБ проектным требованиям к электромагнитной совместимости подтверждено квалификационными испытаниями.

### 3.2 Стойка приборная ввода-вывода

Стойка приборная ввода-вывода (СПВ) ТПТС57.2031 предназначена для сбора и первичной обработки входных аппаратных сигналов.

Габаритные размеры (длина, ширина, высота) по каркасу шкафа 1000x400x2200 мм.

Для подключения сигнальных кабелей связи другими периферийными устройствами в приборных стойках ввода-вывода установлены проходные клеммники WAGO с пружинными зажимами, которые обеспечивают подключение многожильных кабелей с сечением жилы от 0,5 до 1,5 мм<sup>2</sup>.



СПВ может содержать:

- до четырех СВВ высотой 6U (каждая СВВ может содержать до 16 МСП, ПИК-А, ПИК Б, 2 ИМ);
- крейт КА высотой 3U;
- кронштейны с автоматическими выключателями и клеммниками для распределения электропитания;
  - кронштейн с коммутаторами и другое коммуникационное оборудование;
  - набор соединителей для подключения внешних кабелей связи с периферийными устройствами, а также отдельный клеммник для сбора сигналов диагностики компонентов стоек ТПТС-СБ, предназначенных для обработки в КА НЭ.

Стойка приборная ввода-вывода, в модулях связи с процессом которой используется только тракт диверситета "А" (при этом тракт диверситета "Б" функционирует, но его выходы не подключены к смежным устройствам), именуется: стойка приборная ввода-вывода диверситета "А" (**СПВ-А**).

Стойка приборная ввода-вывода, в модулях связи с процессом которой используется только тракт диверситета "Б": стойка приборная ввода-вывода диверситета "Б" (**СПВ-Б**).

Стойка приборная ввода-вывода, в модулях связи с процессом которой используется оба тракта диверситета "А" и "Б": стойка приборная ввода-вывода диверситетов "А" и "Б" (**СПВ-А/Б**).

Электропитание СПВ осуществляется от источника постоянного тока с номинальным напряжением 24 В. Предусмотрена возможность электропитания СПВ от двух независимых источников.

### 3.2.1 Номенклатура модулей стойки приборной ввода-вывода

Обозначение	Наименование	Назначение
Модули СВВ		
ТПТС57.1311	Преобразователь интерфейсов крейта по диверситету "А"(ПИК А)	ПИК А предназначен для связи МСП данной СВВ по диверситету "А" с КА-А
ТПТС57.1312	Преобразователь интерфейсов крейта по диверситету "Б"(ПИК Б)	ПИК Б предназначен для связи МСП данной СВВ по диверситету "Б" с КА-Б
ТПТС55.1305	Модуль интерфейсный нормальной эксплуатации (ИМН)	ИМН предназначен для: сбора данных техпроцесса и самодиагностики от МСП, передачи данных по шине ENL в КА НЭ или в ПА, установленный в стойке ТПТС-НТ
ТПТС57.1751	Модуль ввода унифицированных сигналов тока (МВА-1)	МВА-1 предназначен для: -измерения значений унифицированных сигналов постоянного тока в диапазонах от 0 до 20 А и от 4 до 20 мА и преобразования их в цифровой код; -размножения значения каждого входного сигнала по трактам диверситета "А", "Б" и НЭ и первичной обработки сигнала; -передачи обработанных значений по трактам "А", "Б", НЭ; -подачи напряжения питания на датчики-источники входных сигналов
ТПТС57.1753	Модуль ввода сигналов термопар (МВТ-1)	МВТ-1 предназначен для: - приёма сигналов термоэлектрических преобразователей температуры, преобразования их в цифровой код; - размножения каждого входного сигнала по трактам диверситета "А", "Б" и НЭ, первичной обработки сигнала; - передачи результатов по трактам "А", "Б", НЭ
ТПТС57.1754	Модуль ввода сигналов термосопротивлений (МВТ-2)	МВТ-2 предназначен для: - приёма сигналов термопреобразователей сопротивления, преобразования их в цифровой код; - размножения каждого входного сигнала по трактам диверситета "А", "Б" и НЭ, первичной обработки сигнала; - передачи результатов по трактам "А", "Б", НЭ
ТПТС57.1755	Модуль вывода унифицированных сигналов тока (МВВ-1)	МВВ-1 предназначен для: -приема цифровых значений аналоговых параметров по трактам СБ диверситета "А" и диверситета "Б"; -преобразования их в унифицированные выходные сигналы тока (от 0 до 20 мА, от 4 до 20 мА); - выдачи результата в периферийную аппаратуру

Обозначение	Наименование	Назначение
		по проводной связи.
ТПТС57.1761	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (МДВ-1)	<p>МДВ-1 предназначен для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приёма сигналов от дискретных датчиков с потенциальным сигналом или с одиночным «сухим» контактом;</li> <li>- размножения каждого входного сигнала по трактам диверситета "А", "Б" и НЭ, первичной их обработки;</li> <li>- обмена данными по трактам "А", "Б", НЭ;</li> <li>- подачи напряжения питания на датчики-источники входных сигналов;</li> <li>- выдачи выходных сигналов в виде напряжения постоянного тока в диапазоне от 22 до 24 В по трактам диверситета "А", "Б" с контролем выходных сигналов</li> </ul>
ТПТС57.1762	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (МДВ-2)	<p>МДВ-2 предназначен для приема сигналов от многоконтактных ключей "общих" команд БПУ/РПУ ("Выбор БПУ/РПУ", "Подтверждение команды"):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приема и обработки дискретных сигналов от трех- или четырех- контактных ключей;</li> <li>- размножения каждого входного сигнала по трактам диверситета "А", "Б" и НЭ, их обработки;</li> <li>- подачи напряжения питания на контакты-источники входных сигналов;</li> <li>- выдачи обработанных сигналов в виде напряжения постоянного тока в диапазоне от 22 до 24 В по трактам диверситета "А", "Б" с контролем выходных сигналов</li> </ul>
ТПТС57.1763	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (МДВ-3)	<p>МДВ-3 предназначен для</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выдачи сигналов в исполнительную часть подсистемы АЗ:</li> <li>- приема и обработки дискретных сигналов от "сухих" контактов;</li> <li>- размножения каждого входного сигнала по трактам диверситета "А", "Б" и НЭ, их первичной обработки;</li> <li>- обмена данными по трактам "А", "Б", НЭ;</li> <li>- подачи напряжения питания на контакты-источники входных сигналов;</li> <li>- выдачи выходных сигналов в виде напряжения постоянного тока в диапазоне от 22 до 24 В по трактам диверситета "А", "Б" с контролем цепей выдачи сигналов на обрыв, с контролем выходов на работоспособность</li> </ul>

Обозначение	Наименование	Назначение
Модули КА НЭ		
ТПТС55.1105	Процессорный модуль автоматизации (ПМА НЭ)	ПМА НЭ обеспечивает: - прием данных о входных сигналах СВВ по тракту НЭ, их обработку и выдачу через шину EN в БШС приборной стойки ТПТС-НТ для передачи в СВБУ; - функцию вызова обслуживающего персонала к ТПТС-СБ в случае обнаружения неисправности.
ТПТС55.1641	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (модуль контроля стойки)	МКС предназначен для управления лампами приборный стоек и сбора аппаратных сигналов неисправности типовых элементов замены ТПТС-СБ.



### 3.3 Стойка приборная автоматизации

Стойка приборная автоматизации (СПА) ТПТС57.2030 предназначена для выполнения вычислительных функций СБ: реализации автоматического обнаружения аварийной ситуации, формирования аварийных и автоматических защит, формирования автоматических команд управления УСБ.

Габаритные размеры (длина, ширина, высота) по каркасу шкафа 1000x400x2200 мм.

Для подключения сигнальных кабелей связи другими периферийными устройствами в приборных стойках ввода-вывода установлены проходные клеммники WAGO с пружинными зажимами, которые обеспечивают подключение многожильных кабелей с сечением жилы от 0,5 до 1,5 мм<sup>2</sup>.



СПА может содержать:

- до двух КА высотой 6U;
- кронштейны с автоматическими выключателями и клеммниками для распределения электропитания;
- кронштейн с коммутаторами и другое коммуникационное оборудование;
- соединители для подключения электрических сигнальных кабелей.

Состав стойки приборной автоматизации определяется проектом. Контролеры автоматизации СБ диверситета "А" (КА-А) и диверситета "Б" (КА-Б) могут быть установлены в одну стойку приборную автономную или разнесены по разным стойкам.

Стойка приборная автономная с двумя КА-А реализует диверситет "А" и именуется стойка приборная автоматизации диверситета "А".

Стойка приборная автономная с двумя КА-Б реализует диверситет "Б" и именуется стойка приборная автоматизации диверситета "Б".

Стойка приборная автономная с одним КА-А и одним КА-Б реализует диверситеты "А" и "Б" - стойка приборная автоматизации диверситетов "А" и "Б".

### 3.3.1 Номенклатура модулей стойки приборной автоматизации

Таблица 1

Обозначение	Наименование	Назначение
Модули КА-А/ КА-Б		
ТПТС57.1101	Процессорный модуль автоматизации (ПМА А)	<p>ПМА А / ПМА Б предназначен для выполнения следующих функций по диверситету "А" / "Б" соответственно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-приема технологической информации от СВВ данного канала СБ по соответствующему диверситету;</li> <li>-приема и выдачи технологической информации, принятой от СВВ данного канала СБ, в другие каналы СБ по соответствующему диверситету;</li> <li>- обработки одноименных сигналов технологической информации всех каналов СБ по алгоритму "голосования" ("2 из 4" или "2 из 3" в зависимости от количества каналов СБ);</li> <li>- выполнения заданной прикладной задачи, определяемой прикладным программным обеспечением (ППО);</li> <li>- выдачи в СПВ своего канала СБ сформированной выходной информации для передачи по проводной связи в смежные системы и устройства;</li> <li>- выдачи сформированных команд управления в СППУ всех каналов СБ;</li> <li>- приема данных от ТС ОДУ БПУ/РПУ.</li> </ul>
ТПТС57.1102	Процессорный модуль автоматизации (ПМА Б)	
ТПТС57.1201	Модуль-размножитель 4-х канальный (МР-4 А)	МР-4А (МР-4Б) предназначен для связи ПМА-А/ПМА Б с СВВ (в СПВ) или с СПУ (в СППУ) по соответствующему диверситету
ТПТС57.1202	Модуль-размножитель 4-х канальный (МР-4 Б)	

### 3.4 Стойка приборная приоритетного управления

Приборная стойка приоритетного управления (СППУ) ТПТС57.2032 предназначена для реализации функций приоритетного управления и регулирования исполнительными механизмами системы безопасности.

Габаритные размеры (длина, ширина, высота) по каркасу шкафа 1000x400x2200 мм.

Для подключения сигнальных кабелей связи другими периферийными устройствами в приборных стойках ввода-вывода установлены проходные клеммники WAGO с пружинными зажимами, которые обеспечивают подключение многожильных кабелей с сечением жилы от 0,5 до 1,5 мм<sup>2</sup>.

СППУ может содержать:

- до 4 станций приоритетного управления высотой 6U;

- (каждая СПУ может содержать до 14 МПУ, до 4 модулей МКГ-А, до 4 МКГ Б, один модуль МГ-А, один-МГ Б, два ИМ НЭ);

- контроллер автоматизации высотой 3U;

- кронштейны с автоматическими выключателями и клеммниками для распределения электропитания;

- кронштейн с коммутаторами и другое коммуникационное оборудование;

- соединители для подключения электрических сигнальных кабелей.



### 3.4.1 Номенклатура модулей стойки приборной приоритетного управления

Обозначение	Наименование	Назначение
Модули СПУ		
ТПТС57.1771	Модуль приоритетного управления (МПУ)	МПУ предназначен для реализации приоритетного управления одним исполнительным механизмом типа электродвигатель, запорная арматура, электромагнитный клапан, выключатель по автоматическим и дистанционным командам СБ и СНЭ с обеспечением приоритета команд СБ
ТПТС57.1772	Модуль приоритетного управления регулирующим клапаном (МПУР)	МПУР предназначен для реализации приоритетного управления одним исполнительным механизмом типа регулирующий клапан по автоматическим и дистанционным командам СБ и СНЭ с обеспечением приоритета команд СБ
ТПТС57.1313	Модуль-коммутатор голосования (МКГ А)	МКГ А (МКГ Б) предназначен для 4-кратного разветвления одного канала ШВВ СБ.
ТПТС57.1314	Модуль-коммутатор голосования (МКГ Б)	
ТПТС57.1901	Модуль голосования (МГ А)	МГ А /МГ Б предназначен для: - сбора одноименных автоматических команд управления всех каналов СБ; - обработки их по алгоритму голосования; - выдачи результата голосования в МПУ (МПУР) данной СППУ; - выдачи сигналов состояния исполнительного механизма в другие каналы СБ
ТПТС57.1902	Модуль голосования (МГ Б)	
ТПТС55.1305	Модуль интерфейсный нормальной эксплуатации (ИМН)	ИМН предназначен для: - связи МПУ (МПУР) данной СППУ с ПТК СНЭ на базе ТПТС-НТ; - представления информации о неисправностях модулей по тракту НЭ
Модули КА НЭ		
ТПТС55.1105	Процессорный модуль автоматизации (ПМА НЭ)	ПМА НЭ обеспечивает - функцию вызова обслуживающего персонала к ТПТС-СБ в случае обнаружения неисправности в стойке
ТПТС55.1641	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (модуль контроля стойки )	МКС предназначен для управления лампами СППУ и сбора аппаратных сигналов неисправности типовых элементов замены ТПТС-СБ

Таблица 3. Надежность компонентов ТПТС-СБ

Обозначение	Название	Средняя наработка на отказ при T = 40 °С, 10 <sup>3</sup> часов, не менее
ТПТС57.1101	Процессорный модуль автоматизации Диверситета А (ПМА А)	305
ТПТС57.1102	Процессорный модуль автоматизации Диверситета Б (ПМА Б)	375
ТПТС57.1201	Модуль размножитель 4-х канальный Диверситета А (МР-4 А)	511
ТПТС57.1202	Модуль размножитель 4-х канальный Диверситета Б (МР-4 Б)	535
ТПТС57.1313	Модуль-коммутатор голосования Диверситета А (МКГ А)	373
ТПТС57.1314	Модуль-коммутатор голосования Диверситета Б (МКГ Б)	432
ТПТС57.1901	Модуль голосования Диверситета А (МГ А)	546
ТПТС57.1902	Модуль голосования Диверситета Б (МГ Б)	585
ТПТС57.1771	Модуль приоритетного управления (МПУ)	380
ТПТС57.1772	Модуль приоритетного управления регулирующим клапаном (МПУР)	380
ТПТС57.1311	Преобразователь интерфейсов Диверситета А (ПИК А)	817
ТПТС57.1312	Преобразователь интерфейсов Диверситета Б (ПИК Б)	886
ТПТС57.1751	Модуль ввода унифицированных сигналов тока (МВА-1)	557
ТПТС57.1753	Модуль ввода сигналов термопар (МВТ-1)	555
ТПТС57.1754	Модуль ввода сигналов термосопротивлений (МВТ-2)	529
ТПТС57.1755	Модуль вывода унифицированных сигналов тока (МAB-1)	568
ТПТС57.1761	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (МДВ-1)	395
ТПТС57.1762	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (МДВ-2)	395
ТПТС57.1763	Модуль ввода-вывода двоичных сигналов (МДВ-3)	444

Таблица 4. Метрологические характеристики модулей ТПТС-СБ

Обозначение	Название	Предел допускаемой основной приведенной погрешности	Предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности в диапазоне температур от плюс 1 до плюс 65 °С
ТПТС57.1751	Модуль ввода унифицированных сигналов тока (МВА-1)	±0,20 %	±0,20 %
ТПТС57.1753	Модуль ввода сигналов термопар (МВТ-1)	±0,10 %	±0,10 %
ТПТС57.1754	Модуль ввода сигналов термосопротивлений (МВТ-2)	±0,10 %	±0,10 % / °С
ТПТС57.1755	Модуль вывода унифицированных сигналов тока (МAB-1)	±0,20 %	±0,20 % / °С

## 4 Интерфейсы ТПТС-СБ

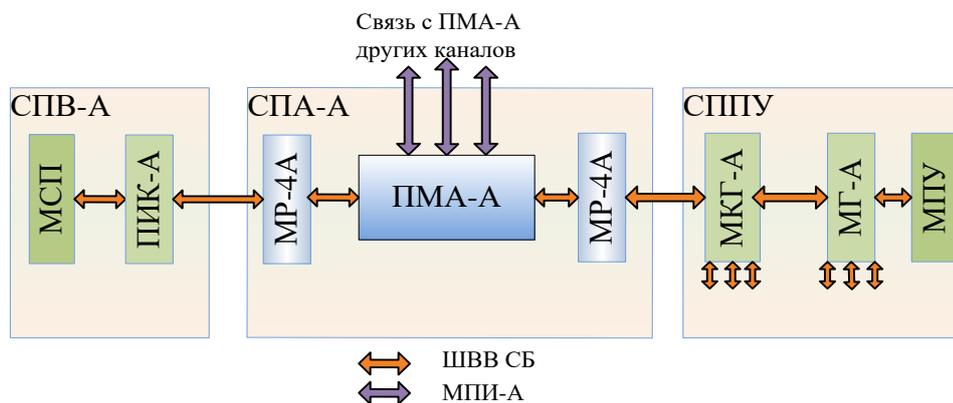
Передача информации в комплексах средств автоматизации на базе платформы ТПТС-СБ выполняется преимущественно посредством цифровых каналов коммуникаций. Передача информации в виде дискретных сигналов по проводным линиям используется для связи БПУ и РПУ с модулями индивидуального приоритетного управления. Проводные линии связи применяются также для передачи сигналов в смежные системы.

Цифровые каналы коммуникаций организованы в КСА ТПТС-СБ в виде шин. Все шины КСА ТПТС-СБ являются шинами последовательной передачи.

Для обеспечения независимости абонентов шин в КСА ТПТС-СБ применяются соединения типа «точка-точка».

Шины коммуникаций КСА ТПТС-СБ включают в себя:

- шины ввода-вывода системы безопасности диверситетов "А" и "Б" (ШВВ СБ);
- шины ввода-вывода НЭ (ШВВ НЭ);
- межпроцессорные интерфейсы (МПИ) СБ диверситетов "А" и "Б";
- шина ENL;
- шина EN.



**ШВВ СБ** связывает ПМА СБ с модулями связи с процессом и модулями индивидуального приоритетного управления.

Физический уровень линий связи и уровень звена данных ШВВ СБ представляют собой реализацию интерфейса RS-422.

Прикладной уровень протокола коммуникаций ШВВ СБ является собственной разработкой ФГУП «ВНИИА».

Модули ПИК, МР-4, МКГ и МГ относятся к коммуникационным, т.е. организующим информационный обмен в КСА ТПТС-СБ. В этих модулях отсутствуют прикладные алгоритмы.

Коммуникационные модули являются не проектируемыми, не конфигурируемыми и не параметрируемыми.

Коммуникационные модули реализованы на ПЛИС разных производителей для диверситетов А и Б.

**МПИ** предназначен для связи между ПМА СБ принадлежащим разным каналам безопасности.

Нижние уровни протокола МПИ (физический уровень и уровень звена данных) реализованы на базе промышленного стандарта Ethernet 100 Мбит/с IEEE 802.3, прикладной уровень протокола коммуникаций МПИ является собственной разработкой ФГУП «ВНИИА». Среда передачи МПИ — оптоволоконные кабели.

Передача сигналов состояния оборудования из управляющей системы безопасности в СНЭ реализована посредством **шины ввода-вывода НЭ** и локальной **шины ENL**.

Передача информации из ПМА СБ в систему верхнего уровня и СНЭ выполняется по системной **шине EN**. Связь с шиной нормальной эксплуатации (в том числе и с СВБУ) осуществляется по однонаправленному принципу (т.е. из УСБ в НЭ и СВБУ) в штатном режиме работы.



## 5 Концепция безопасности

**Устойчивость к отказу по общей причине** в программно-технических комплексах на базе ТПТС-СБ обеспечивается соблюдением следующих принципов:

### ➤ ***принцип независимости***

Независимость обеспечивается физическим и гальваническим разделением:

- между ПТК разных каналов систем безопасности;
- между диверситетами в канале системы безопасности.

### ➤ ***принцип избыточности***

В соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 61513-2011, предъявляемыми к архитектуре систем контроля и управления, важных для безопасности, программно-технические и инструментальные средства платформы ТПТС-СБ позволяют строить ПТК, обладающие избыточностью (резервированием). Резервирование аппаратуры применяется в сочетании с мажоритарным принципом обработки данных, что обеспечивает требуемый уровень устойчивости ПТК УСБ к отказам.

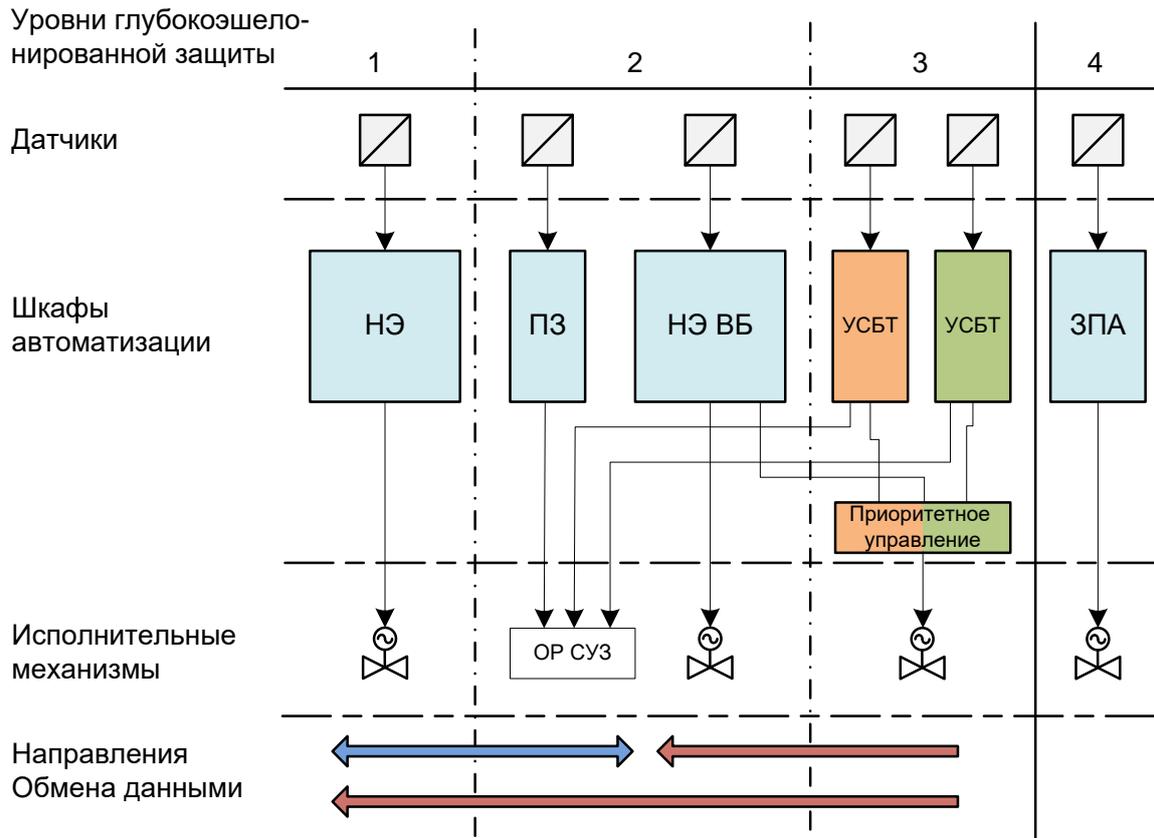
### ➤ ***принцип разнообразия***

В соответствии с требованиями МЭК 62340:2007 для комплекса средств автоматизации ТПТС-СБ разработаны два набора программно-технических средств — диверситет А и диверситет Б, — обеспечивающих полное аппаратное и программное разнообразие. По каждому тракту диверситетов системы безопасности выполняется отдельно и независимо обработка сигналов и обеспечивается межканальный обмен данными и обработка логикой "голосования" одноименных параметров всех каналов системы безопасности.

### ➤ ***принцип разделения***

В соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 60709-2011 повышенный уровень устойчивости ПТК УСБ к возможным отказам компонентов КСА ТПТС-НТ, а также к внутренним и внешним воздействующим факторам обеспечивается мерами физического и электрического разделения.

Комплекс средств автоматизации ТПТС-СБ позволяет построить ПТК УСБ из трёх или четырёх физически и электрически независимых каналов, обеспечить возможность передачи данных и приёма команд от двух физически и электрически независимых центров управления.



НЭ – система контроля и управления нормальной эксплуатацией  
 ПЗ – система контроля и управления предупредительными защитами  
 НЭ ВБ – система контроля и управления нормальной эксплуатацией, важной для безопасности  
 УСБТ – управляющая система безопасности технологическая  
 ЗПА – система контроля и управления запроектными авариями  
 ОР СУЗ – органы регулирования системы управления защитой реактора

**Устойчивость к единичному отказу** в системах безопасности на средствах ТПТС-СБ обеспечивает-ся:

- построением многоканальной УСБ (до четырех каналов);
- надежностью применяемых модулей ТПТС-СБ;
- применением современных технологий;
- производственным контролем;
- квалификационными испытаниями приборных стоек;
- испытаниями как отдельных элементов ПТК, так и ПТК в целом;
- верификацией проекта;
- применяемой на предприятии-изготовителе системой менеджмента качества (ISO 9001).

## 6 Диагностика и сигнализация

В соответствии с требованиями МЭК 61226:2009, КСА ТПТС-СБ обеспечивает построение систем безопасности, обладающих средствами обнаружения неисправностей посредством оперативного контроля в процессе работы (самоконтроля).

Самоконтроль, выполняемый компонентами КСА ТПТС-СБ, обеспечивает обнаружение и локализацию неисправности до уровня типового элемента замены, канала измерения сигнала, воспроизведения сигнала, управления модуля.

КСА ТПТС-СБ, в соответствии с требованиями МЭК 61226:2009, МЭК 60880:2006, позволяет обеспечить оператору в пункте управления возможности контроля и управления системами безопасности посредством предоставления необходимой информации о состоянии системы. Для обслуживающего персонала предусмотрены средства сигнализации, позволяющие получить достаточную информацию о месте отказа в системе.

В КСА ТПТС-СБ предусмотрена отказоустойчивая реакция на неисправность компонентов.

Все модули КСА ТПТС-СБ выполняют автоматический самоконтроль, включающий в себя также контроль подключения внешнего оборудования (датчиков).

Самоконтроль модулей КСА ТПТС-СБ выполняется:

- при старте модуля (при включении питания);
- периодически в процессе циклической работы модуля.

В модулях связи с процессом, имеющим в своём составе два независимых диверситета – диверситет А и диверситет Б, самоконтроль выполняется в каждой из частей.

В модулях связи с процессом, состоящих из нескольких каналов, каждый из которых имеет отдельный аппаратный интерфейс с внешним оборудованием и работает независимо от других каналов, выполняется контроль функционирования каждого канала.

Процессорные модули автоматизации, реализующие вычислительные и коммуникационные функции, циклически выполняют операции самоконтроля, а также операции контроля обмена информацией по межпроцессорным интерфейсам и интерфейсам шины ввода-вывода.

Наличие неисправности в модулях и приборных стойках КСА ТПТС-СБ сигнализируется. Сигнализация выполняется посредством:

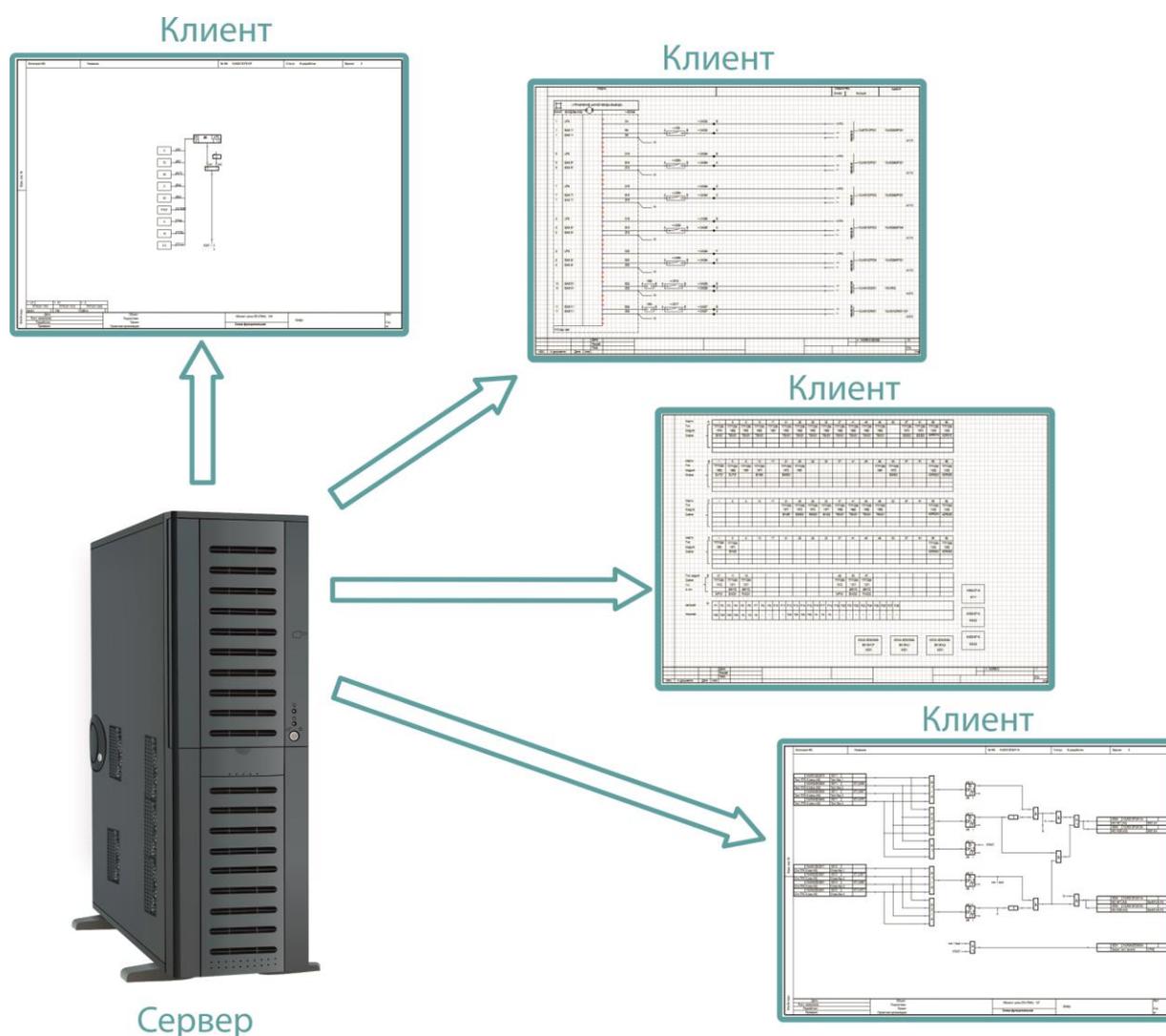
- – световой индикации непосредственно на неисправном модуле и на приборной стойке, в которой размещается неисправный компонент;
- – передачи сообщения в СВБУ о месте и типе неисправного компонента в СКУ безопасности.

## 7 Инжиниринг и документирование

Для проектирования программно-технических комплексов на базе аппаратуры ТПТС и выпуска проектной документации во ВНИИА разработано средство автоматизированного проектирования (САПР) GET-R1. САПР GET-R1 устанавливается на инженерную станцию, которая предназначена для разработки, корректировки, документирования, сохранения и загрузки прикладной структуры в ПА на этапах наладки и работ, связанных с заменой программируемых модулей или программного обеспечения.

САПР GET-R1 позволяет создавать компоновочные схемы оборудования, схемы проводных и кабельных связей, прикладные программные структуры процессорных модулей автоматизации, проектировать обмен данными между компонентами ПТК и с СВБУ.

САПР GET-R1 работает под управлением операционной системы Linux.



**САПР GET-R1** включает в себя следующие подсистемы:

- САПР-Т (САПР технолога). Подсистема разработки технологических алгоритмов управления в виде, независимом от конкретной аппаратной платформы ТПТС.
- САПР СМД (САПР сборочно-монтажной документации). Подсистема разработки эксплуатационной документации на ПТК, включая проводные связи, схемы размещения, переключателей, шинных связей.
- GET-часть. Основная часть САПР GET-R1, предназначенная для разработки алгоритмов управления на средствах ТПТС различных поколений. Подразделяется на подсистемы, соответствующие различным КСА ТПТС:
  - САПР ТПТС-ЕМ для разработки ПТК на базе ТПТС51 - ТПТС-ЕМ;
  - САПР ТПТС-НТ для разработки ПТК на базе ТПТС-НТ;
  - САПР-СБ для разработки ПТК на базе ТПТС-СБ.
- Подсистемы тестирования и моделирования.

В САПР GET-R1 разработаны подходы к сквозному проектированию подсистем АСУ ТП на базе ТПТС, начиная с этапа технолога, а также разработаны средства сквозного моделирования и тестирования алгоритмов.



#### **Модель технолога**

- позволяет проверить логику алгоритмов технолога
- обеспечивает "сборку" проекта технолога, проверку исходящих и принимаемых сигналов

#### **Модель ПТК**

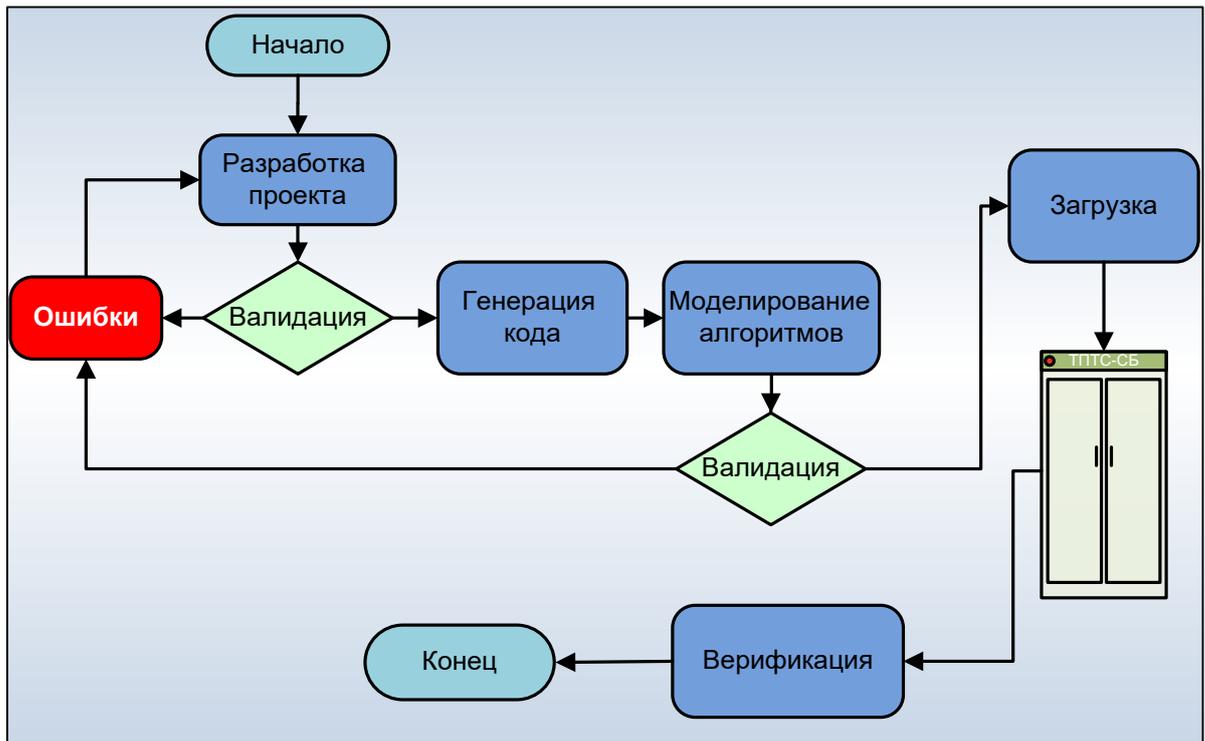
- позволяет визуально проверить алгоритмы ПТК
- обеспечивает статическое тестирование GET-проекта

#### **Полунатурное тестирование**

- входит в функциональные испытания
- проверяет технические средства

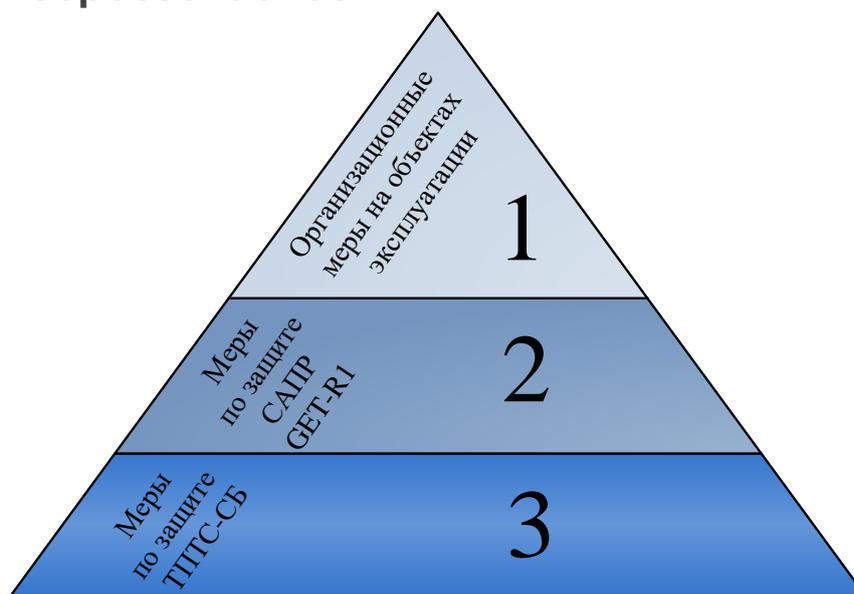
САПР-СБ обеспечивает контроль корректности алгоритмов систем безопасности на каждом этапе разработки с помощью:

- валидации проектных данных;
- моделирования работы алгоритмов;
- верификации кода ППО ТПТС-СБ.



Инженерная станция с САПР GET-R1 обеспечивает поддержку поставляемого оборудования ТПТС на всех стадиях жизненного цикла - проектирование, изготовление, наладка, эксплуатация.

## 8 Аспекты кибербезопасности



Защита программно-технических средств КСА ТПТС-СБ от кибератак обеспечивается:

- отсутствием непосредственной связи системной шины EN УСБ и СНЭ с сетями общего пользования;
- наличием однонаправленной связи с шиной нормальной эксплуатации, связь осуществляется по принципу «из УСБ в НЭ» в штатном режиме работы;
- отсутствием в составе встроенного программного обеспечения модулей комплексов средств автоматизации ТПТС-СБ операционных систем общего назначения сторонних производителей;
- отсутствием в архитектуре коммуникационной системы комплексов средств автоматизации ТПТС-СБ и ТПТС-НТ стандартных протоколов прикладного уровня: применяются протоколы коммуникаций разработки ФГУП «ВНИИА».

В САПР GET-R1 реализованы следующие меры по защите от кибератак:

- идентификация и аутентификация пользователей;
- управление правами доступа к проектным данным;
- ограничение количества неудачных попыток ввода аутентификационной информации;
- запрет установки встороннего ПО;
- регистрация событий безопасности;
- контроль состава технических средств, программного обеспечения и средств защиты информации;
- антивирусная защита;
- резервное сохранение информации.

## 9 Интеграция систем ТПТС

Применение средств на базе платформы ТПТС-СБ для построения систем безопасности и средств на базе платформы ТПТС-НТ для построения систем нормальной эксплуатации позволяет создавать современные интегрированные системы низовой автоматики атомных электростанций, предоставляющие ряд ранее отсутствовавших полезных качеств, основными из которых являются наличие единого средства проектирования (САПР), «бесшовное» соединение систем безопасности с системами нормальной эксплуатации вследствие общей идеологии построения семейств ТПТС.

Применение интегрированной системы упрощает ее эксплуатацию, поскольку поддержка осуществляется одним производителем.



Интеграция заключается в реализации следующих подходов:

1. Исполнительные механизмы системы безопасности контролируются системой нормальной эксплуатации важной для безопасности, в случае отсутствия аварии;
2. Измерения технологических параметров процесса должны быть доступны для функций нормальной эксплуатации (например, для предупредительных защит или передачи в СВБУ).

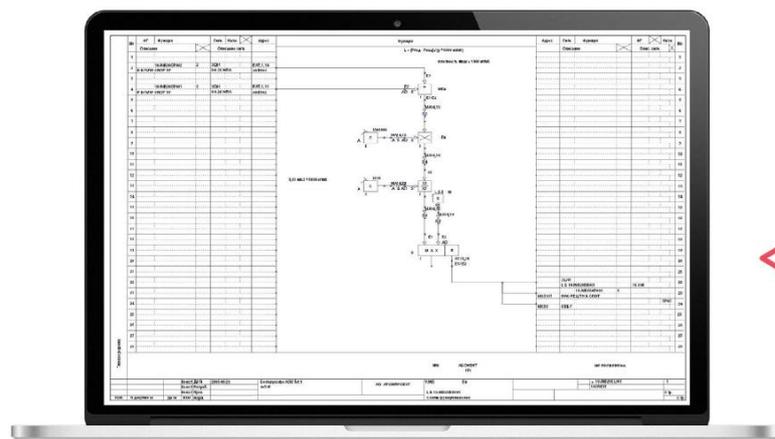
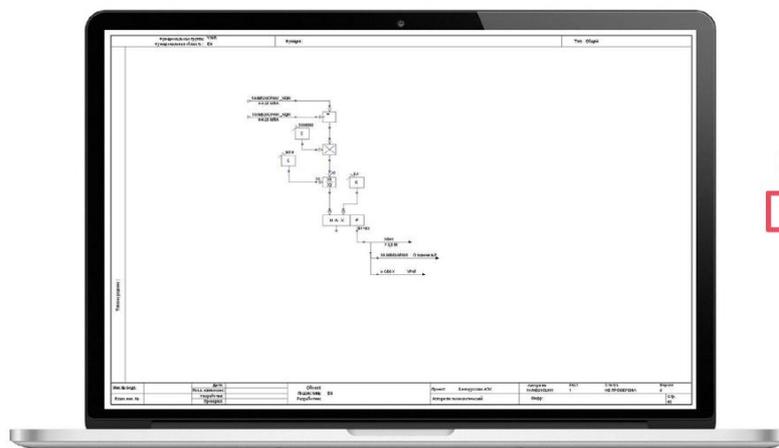
Данная структура обеспечивает возможность обнаружения, локализации и устранения ООП на ранних стадиях его возникновения. Это достигается путем сравнения результатов работы обоих диверситетов в НЭ ВБ.

## 10 Этапы изготовления ПТК

Изготовление программно-технических комплексов (ПТК) осуществляется в соответствии с заданием заводу-изготовителю (ЗЗИ).

Процесс изготовления ПТК включает в себя следующие основные этапы:

- Этап верификации ЗЗИ

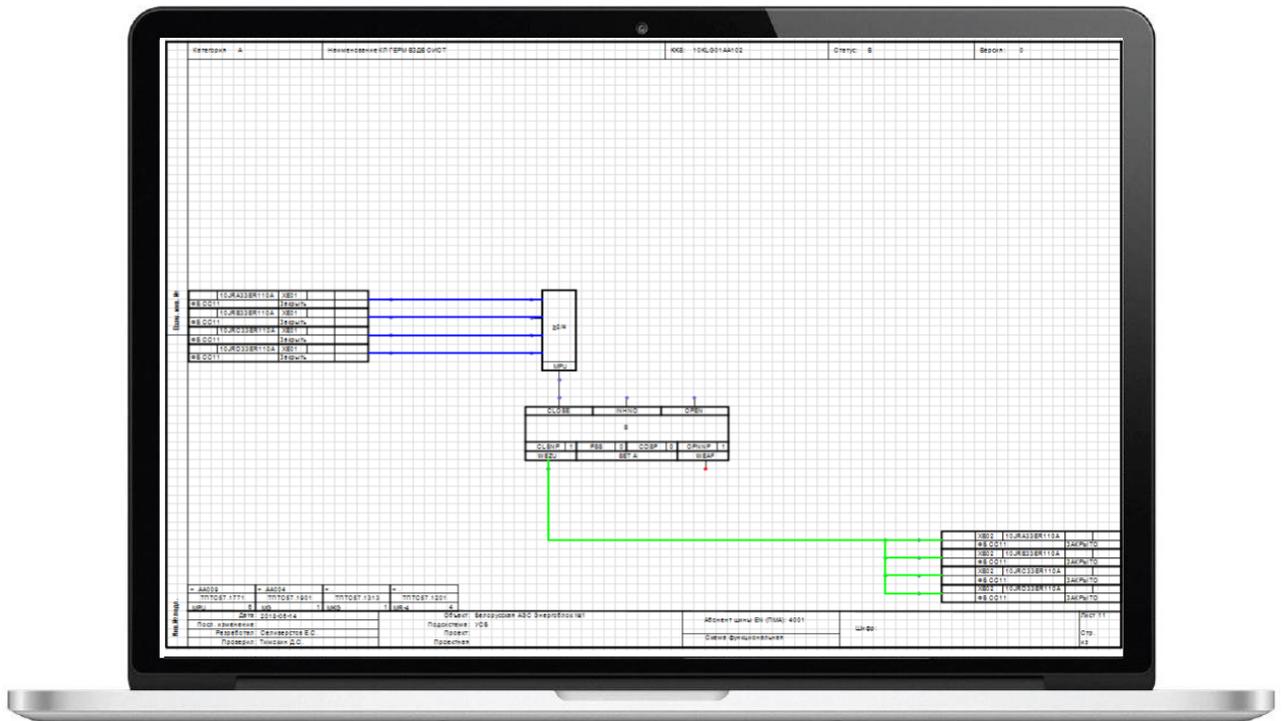
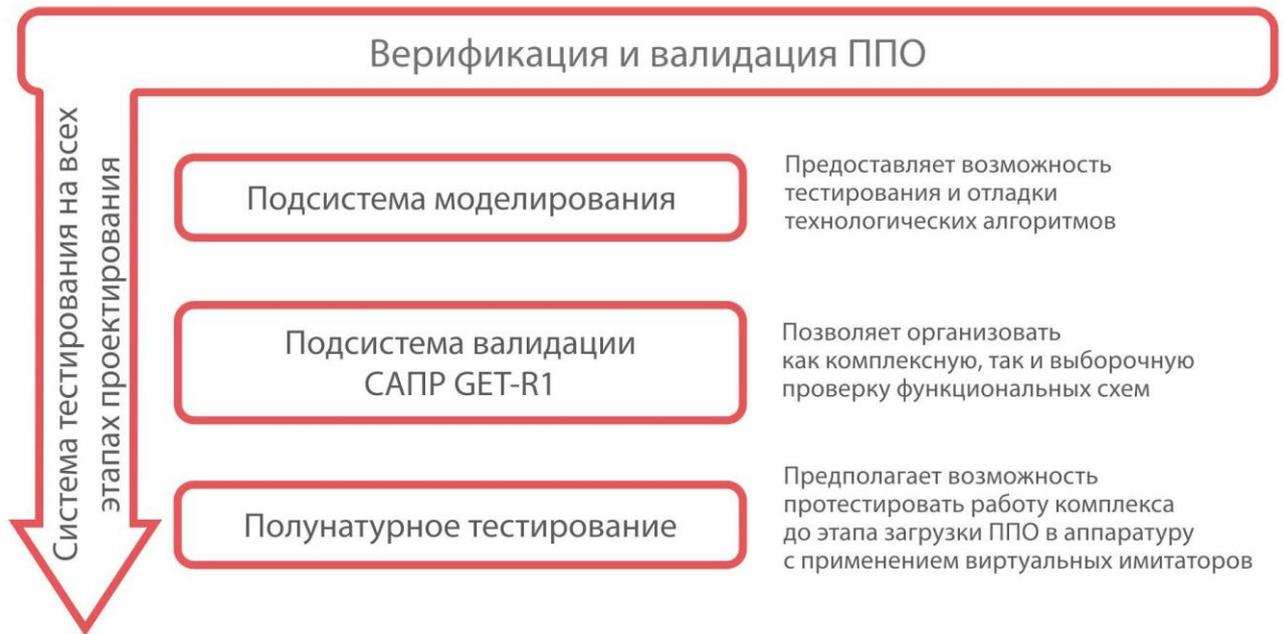


• Этап изготовления оборудования, с последующей верификацией

При разработке оборудования ТПТС-НТ проводятся квалификационные испытания компонентов. Квалификационные испытания проводятся на специализированных стендах или в специальных аттестованных лабораториях.

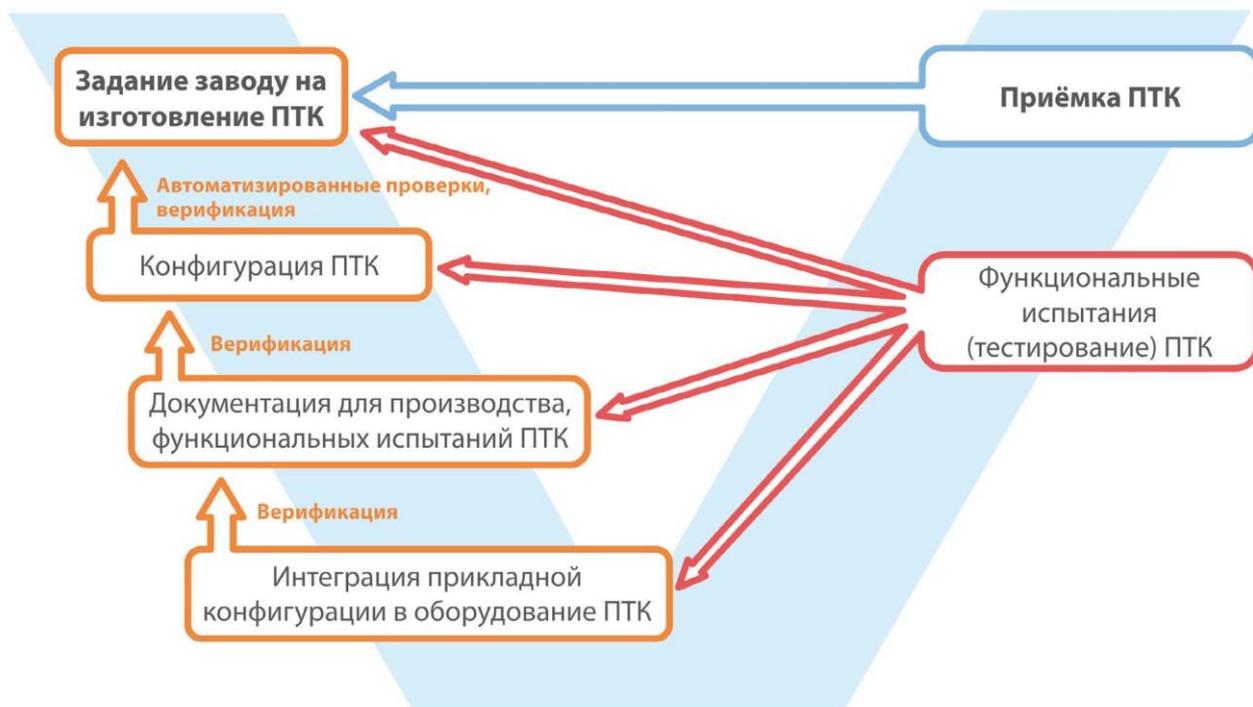


• Этап разработки прикладного программного обеспечения



• Этап функциональных испытаний

Функциональные испытания являются комплексными интеграционными испытаниями программно-технического комплекса совместно с представительным комплексом СВБУ и имитаторами сигналов и механизмов. Функциональные испытания проводятся на полигоне ФГУП «ВНИИА» и являются основной верификационной процедурой, на которой проверяется соответствие оборудования ПТК требованиям ЗЗИ.



## 11 Сервисные средства. Диагностическая станция

Диагностическая станция (ДС) ТПТС54.3311-01 предоставляет следующие диагностические функции для ПТК на базе ТПТС-СБ и ТПТС-НТ:

- диагностику процессорных модулей автоматизации;
- диагностику модулей связи с процессом;
- статическую и динамическую имитацию;
- диагностику измерительных каналов модулей связи с процессом;
- чтение значений маркеров и сигналов процессорных модулей.

Для работы ДС подключается к шине EN. Доступные режимы работы и ограничения устанавливаются администратором ДС индивидуально для каждого пользователя.



## 12 Сервисные устройства. Имитаторы

Имитаторы представляют собой малогабаритные электронные приборы, предназначенные для имитации реальных исполнительных механизмов, датчиков и индикаторов двоичных сигналов в части электрических связей и выполняемых функций.

Имеются следующие типы имитаторов:

- имитатор задвижки ТПТС54.3301
- имитатор регулирующего клапана ТПТС54.3302
- имитатор двигателя ТПТС54.3303
- имитатор соленоидного клапана ТПТС54.3304
- имитатор каналов ввода-вывода дискретных сигналов ТПТС54.3305.

Во время работы имитатор можно закреплять на металлической боковой поверхности шкафа при помощи магнитов, имеющих на тыльной стороне корпуса имитатора.

Габаритные размеры имитаторов – 150 × 80 × 43 мм.

Длина соединительных жгутов имитаторов - 2 м.

Питание имитаторов может производиться как непосредственно от модуля или шин питания приборного шкафа (=24 В), так и от внешнего источника.

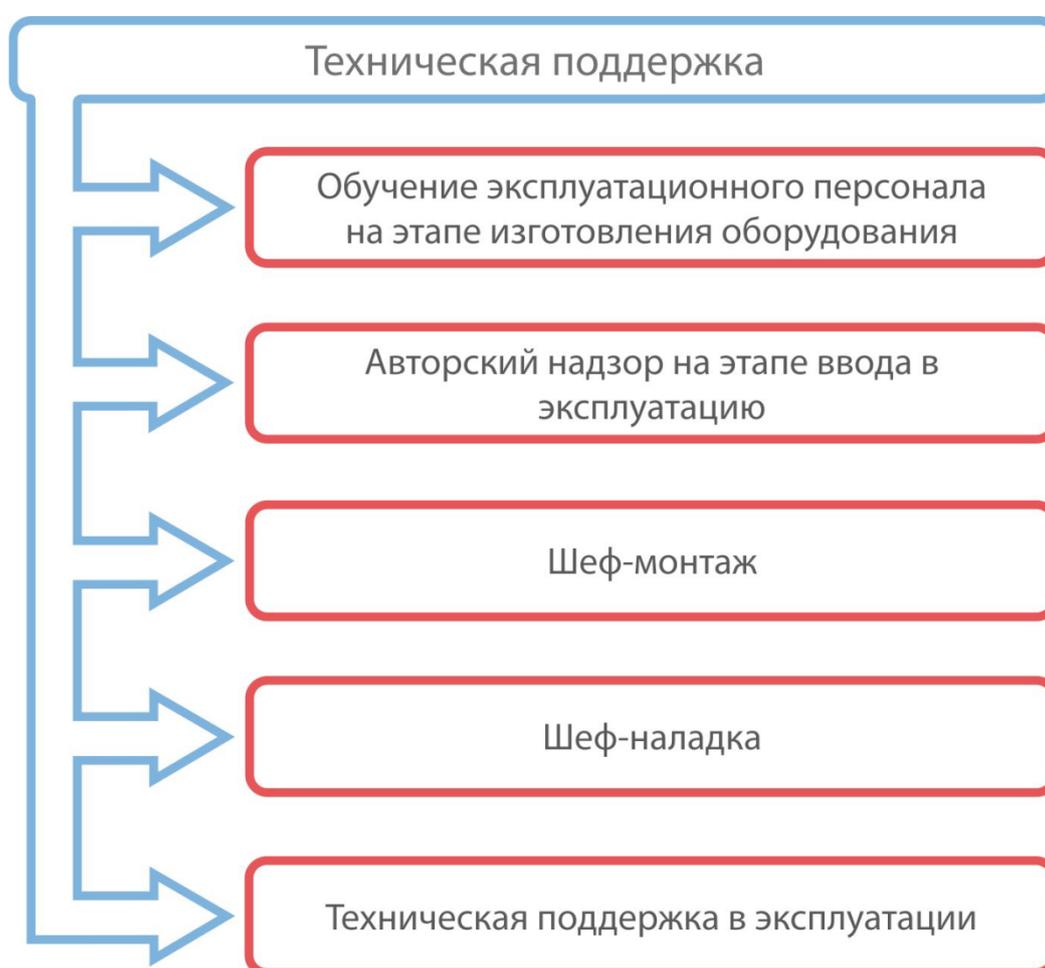


## 13 Поддержка в эксплуатации

Разработанные и изготовленные системы контроля и управления проходят тщательную отработку на полигоне ФГУП ВНИИА с участием заказчика. При этом одновременно проходит подготовка эксплуатационного персонала заказчика.

ВНИИА обеспечивает комплексную поставку всей системы, а также проведение монтажных и пуско-наладочных работ.

ВНИИА берет на себя все работы по гарантийному и постгарантийному обслуживанию. Наличие полного производства в Москве позволяет обеспечить оперативность обслуживания в течении нескольких часов.



## 14 Принятые сокращения

АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
ИМ	Исполнительный механизм
ИМН	Интерфейсный модуль нормальной эксплуатации
ИС	Инженерная станция
КСА	Комплекс средств автоматизации
МГ	Модуль голосования
МКГ	Модуль-коммутатор голосования
МКС	Модуль контроля стойки
МПИ	Межпроцессорный интерфейс
МПУ	Модуль приоритетного управления
МПУР	Модуль приоритетного управления регулирующим клапаном
МР-4	Модуль-размножитель четырехканальный
НЭ	Нормальная эксплуатация
ПА	Процессор автоматизации
ПИК	Преобразователь интерфейсов крейта
ПМА	Процессорный модуль автоматизации
ПС	Приборная стойка
ПТК	Программно-технический комплекс
СБ	Система безопасности
СВБУ	Система верхнего блочного уровня
СВВ	Станция ввода-вывода
СНЭ	Система нормальной эксплуатации
СПА	Стойка приборная автоматизации
СПВ	Стойка приборная ввода-вывода
СПМ	Модуль связи с процессом
СППУ	Стойка приборная приоритетного управления
ТПТС	Программно-технические средства, изготавливаемые ФГУП «ВНИИА»
УСБТ	Управляющая система безопасности по технологическим параметрам
ШВВ	Шина ввода-вывода

---

Адрес: ул. Сущёвская, д. 22, Москва, 127030  
Тел.: +7 (499) 978 78 03  
Факс: +7 (499) 978 09 03, 978 05 78  
E-mail: [vnii@vnii.ru](mailto:vnii@vnii.ru)  
[www.vnii.ru](http://www.vnii.ru)

---