

Е. С. Бахмач<sup>1</sup>, М. И. Маршевский<sup>2</sup>,  
Ю. В. Розен<sup>3</sup>, А. А. Сиора<sup>1</sup>,  
Н. Н. Шаганов<sup>1</sup>, Ю. В. Филин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НПП «Радий»

<sup>2</sup> Южно-Украинская АЭС

<sup>3</sup> Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности

## Обеспечение и оценка безопасности систем пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения в помещениях АЭС

*Начиная с 2002 г. журнал «Ядерная и радиационная безопасность» публикует серию статей, посвящённых опыту обеспечения и оценки безопасности новых информационных и управляющих систем, внедрённых на АЭС Украины. В статье, продолжающей эту серию, рассматриваются результаты работ НПП «Радий» (г. Кировоград) по созданию комплекса технических средств пожарной сигнализации и управления аппаратурой автоматического пожаротушения (СПС 1) и применению СПС 1 при реконструкции действующих систем пожарной сигнализации в помещениях энергоблоков №№ 1 и 3 Южно-Украинской АЭС.*

Е. С. Бахмач, М. И. Маршевський, Ю. В. Розен, О. О. Сиора,  
М. М. Шаганов, Ю. В. Філін

**Забезпечення й оцінка безпеки систем пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння у приміщеннях АЕС**

*Починаючи з 2002 р. журнал «Ядерна та радіаційна безпека» публікує серію статей, присвячених досвіду забезпечення й оцінки безпеки нових інформаційних і керуючих систем, впроваджених на АЕС України. У статті, що продовжує цю серію, розглядаються результати робіт ЗАТ «Радій» (м. Кіровоград) зі створення комплексу технічних засобів пожежної сигналізації та керування апаратурою автоматичного пожежогасіння (СПС) і застосування СПС при реконструкції діючих систем у приміщеннях енергоблоків №№ 1 та 3 Южно-Української АЕС.*

Согласно Отраслевому техническому решению ГП НАЭК «Энергоатом» [1] на АЭС Украины проводится реконструкция систем автоматической пожарной сигнализации (СПС), обеспечивающих безопасность персонала и оборудования за счёт раннего обнаружения очага возгорания, оповещения персонала и автоматического управления установками локализации и тушения пожара. Целью реконструкции является приведение систем пожарной сигнализации в соответствие с действующими в Украине требованиями по безопасности и противопожарными нормами проектирования АЭС, повышение надежности, замена оборудования с истекшим сроком службы.

Недостатки действующей аппаратуры пожарной сигнализации определяются, в частности:

неудовлетворительной глубиной технического диагностирования, невозможностью архивирования, регистрации и выдачи диагностических сообщений о состоянии составных частей СПС и сопряжённого оборудования;

низким качеством отображения текущей и архивной информации о пожарной ситуации в охраняемых зонах, результатов диагностирования и действий персонала;

устаревшей элементной базой, снятой с производства, и невозможностью пополнения полностью исчерпанного комплекта запасных частей (ЗИП).

Отраслевое техническое решение предусматривает изменение проекта в части конструкции и характеристик действующей системы, её компонентов и эксплуатационной документации. В соответствии с НП 306.2.106 [2], такая модификация считается важной для безопасности. По влиянию на безопасность компоненты систем пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения относятся к классу безопасности 3 (в соответствии с НП 306.1.02/1.34 [3] и НП 306.5.02/3.035 [4]) и категории сейсмостойкости I (согласно ПНАЭ Г5006 [5]).

Модификация СПС проводится в местах размещения оборудования третьей системы безопасности (ЗСБ) энергоблока №1 и второй системы безопасности (2СБ) энергоблока №3 ЮУ АЭС. В процессе модификации производится замена действующего оборудования на сертифицированную в Украине систему пожарной сигнализации СПС1, разработанную НПП «Радий» [6, 7]. Выбор новой технической базы обусловлен следующими преимуществами СПС1 по сравнению с действующей аппаратурой пожарной сигнализации:

центральная часть СПС1 реализована на современных электронных компонентах, отличающихся высокой степенью интеграции, малым энергопотреблением и значительно более высокой надежностью;

встроенные средства технического диагностирования обеспечивают непрерывный автоматический контроль технического состояния, оперативное нахождение неисправностей, архивирование и отображение диагностических сообщений;

в составе СПС1 поставляется широкая номенклатура пожарных извещателей и других периферийных изделий ведущих отечественных и зарубежных фирм;

СПС1 полностью соответствует действующим в Украине нормам и правилам по ядерной и радиационной безопасности [3–5, 8] и требованиям международных стандартов [9–13] к системам пожарной сигнализации;

СПС1 вместе с периферийными изделиями, соединительными кабелями и сервисным оборудованием поставляется отечественным производителем (НПП «Радий»), благодаря чему уменьшаются сроки реализации заказа, поставки, наладки, испытаний, обучения персонала АЭС, гарантийного обслуживания, ремонта и пополнения ЗИП.

## Состав и структура системы

СПС1 осуществляет: автоматическое выявление очага возгорания по появлению дыма или повышению температуры; приём сигналов от ручных пожарных извещателей; включение световой и звуковой сигнализации о возникновении пожара; формирование команд отключения систем вентиляции в помещениях, в которых обнаружен очаг возгорания; включение систем противодымной защиты и закрытия огнезадерживающих клапанов; формирование команд автоматического запуска систем пожаротушения. Обобщённая структурная схема СПС1 приведена на рис. 1 (число безадресных шлейфов и адресных сигнальных линий, а также количество и типы подключённых к ним периферийных устройств показаны условно).

Приборы приёмные контрольно-пожарные ППКП1 собирают, обрабатывают и анализируют данные от автоматических и ручных пожарных извещателей, которые установлены в контролируемых помещениях (зонах) и подключены к безадресным шлейфам или к адресным сигнальным линиям, а также от других источников, подключённых непосредственно к дискретным входам ППКП1. В случае обнаружения очага возгорания (или при воздействии на ручной пожарный извещатель) ППКП1 формирует на своих выходах дискретные сигналы, которые в соответствии с проектом используются для включения световой и звуковой сигнализации, отключения вентиляции, закрытия огнезадерживающих клапанов на воздуховодах, запуска оборудования противодымной защиты, пожаротушения и т. п. Каждый ППКП1 формирует сообщения о состоянии всех помещений (зон), которые контролируются подключёнными к нему пожарными извещателями, и передаёт их по оптоволоконным линиям (optic) двум рабочим станциям РС1, расположенным на БЩУ и РЩУ и соединённым двумя оптоволоконными линиями (рис. 2). При получении от ППКП1 и/или от другой рабочей станции сообщения о возникновении пожара каждая рабочая станция выдаёт сигналы тревоги в оперативный контур БЩУ и в пожарную часть (ПЧ). Для контроля технического состояния системы, определения мест возникновения отказов и неисправностей, отображения и архивирования диагностических сообщений предусмотрена инструментальная рабочая станция РС1-1, которая может быть установлена в помещении службы эксплуатации участка противопожарной автоматики и связана двумя оптоволоконными линиями с рабочей станцией РС1 на БЩУ. Система диагностики, не нарушая функционирования СПС1, обеспечивает быстрое и детальное определение мест возникновения и характера отказов и неисправностей.

Архитектура СПС1 позволяет создавать системы пожарной сигнализации практически любой сложности. Число и размещение ППКП1 можно варьировать в широких пределах без изменения других устройств системы. Структуру каждой системы (количество ППКП1, число подключаемых безадресных шлейфов, адресных сигнальных линий, дискретных входов и выходов, состав и/или количество периферийных устройств) определяют при разработке проектной документации. Состав головного образца (СПС1) и поставочных комплектов для систем пожарной сигнализации в помещениях 3 СБ блока № 1 (СПС11) и 2 СБ блока № 3 ЮУ АЭС (СПС12) приведены в табл. 1 (в скобках показано максимально возможное количество составных частей).

## Приборы приёмно-контрольные пожарные

В состав ППКП1 (рис. 3 и 4) входят две эксплуатационно-автономные составные части: устройство приёмно-контрольное УПК1 и блок аккумуляторных батарей БАБ1. УПК1 выполнен в виде настенного шкафа «книжной» конструкции, разделённого по глубине на две части. В поворотной части шкафа расположен блок сигнализации и управления БСУ1, объединяющий плату управления и сигнализации ПУС1 (с кнопками управления и индикаторами состояния) и панельный компьютер, в памяти которого хранится конфигурация, а на экране отображается состояние ППКП1, подключённых к нему шлейфов, сигнальных линий и периферийного оборудования.

Ниже БСУ1 расположено устройство обработки и формирования сигналов УОФС1, в состав которого входят:

два блока интерфейса БИ1 (основной и резервный), которые контролируют текущее состояние контролируемого объекта и обеспечивают обмен данными с ПУС1 (по интерфейсу RS-485), панельным компьютером (по интерфейсу RS-232) и рабочими станциями РС1 (по оптоволоконным линиям);

один или два блока контроля безадресного шлейфа БКБШ1, каждый из которых контролирует состояние до восьми отдельных шлейфов с подключёнными к ним безадресными пожарными извещателями;

до трех блоков управления БУ1, каждый из которых имеет 24 гальванически изолированных выхода: 21 выход — для коммутации с помощью электронных ключей постоянного напряжения  $24 \pm 3$  В при токе до 1,0 А (с контролем обрыва и замыкания линий, соединяющих блок с приёмниками сигналов) и три выхода — для коммутации с помощью переключающихся контактов реле переменного напряжения (не более 250 В) при токе до 0,15 А (два выхода) и до 5 А;

до трех блоков контроля БК4, каждый из которых имеет 32 гальванически изолированных входа для приёма дискретных сигналов (ток каждой входной цепи не превышает 15 мА);

модули МР1, обеспечивающие подавление импульсных помех и подачу напряжения постоянного тока (24 В) на транзисторы с «открытым» коллектором и «сухие контакты» в выходных цепях БУ1 и входных цепях БК4;

до трех блоков опроса адресных датчиков БОАД1, каждый из которых контролирует состояние двух отдельных шлейфов с подключёнными к ним адресными пожарными извещателями и другим периферийным оборудованием.

При повороте рамы открывается доступ к расположенным в задней части шкафа двум блокам питания TSP 180-124, пакетным выключателям, индикаторам на вводах первичного электропитания и клеммным колодкам WAGO для подключения входных и выходных цепей и цепей первичного электропитания. Блоки TSP 180-124 служат источниками электропитания всех составных частей УПКП1 напряжением постоянного тока 24 В. Каждый блок получает энергию от одного из двух независимых источников переменного тока (220 В) АС1 и АС2. При потере основного электропитания на обоих вводах резервное питание составных частей УПК1 обеспечивает блок БАБ1, в который входят две последовательно соединённые герметичные кислотно-свинцовые аккумуляторные батареи (12 В, 26 А·ч), а также блоки защиты от короткого замыкания и контроля состояния аккумуляторных батарей. Данные контроля передаются в ПУС1 по интерфейсу RS485. Предусмотрены также контроль и индикация температуры внутри УПК1 и БАБ1, напряжения и степени заряженности аккумуляторной батареи, тока заряда и разряда аккумуляторов, синхронизация времени с блочной

Таблица 1. Состав центральной части СПС1

Наименование	Обозначение	Количество в исполнении		
		СПС1	СПС1-1	СПС1-2
<i>Прибор приемно-контрольный пожарный ППКП1</i>	УЯИШ.425529.001	2 (46)	4	9
1 Устройство приемно-контрольное УПК1	УЯИШ.425529.002	1	1	1
1.1 Блок сигнализации и управления БСУ1:	УЯИШ.468389.001	1	1	1
Панельный компьютер	TRC-642SE -CE	1	1	1
Плата управления и сигнализации ПУС1	УЯИШ.468366.004	1	1	1
1.2 Устройство обработки и формирования сигналов УОФС1:	УЯИШ.425449.001	1	1	1
Блок опроса адресных датчиков БОАД1	УЯИШ.468362.008	1 (3)	3	3
Блок контроля безадресного шлейфа БКБШ1	УЯИШ.468213.003	1 (2)	2	2
Блок управления БУ1	УЯИШ.468362.009	1 (3)	3	3
Блок контроля БК4	УЯИШ.468213.004	1 (3)	3	3
Блок интерфейса БИ1	УЯИШ.468353.003	1 (2)	2	2
1.3 Блок питания	TSP 180-124	2	2	2
2 Блок аккумуляторных батарей БАБ1	УЯИШ.563472.001	2	2	2
2.1 Аккумуляторная батарея	HZY12-26	2	2	2
2.2 Блок контроля аккумуляторов		1	1	1
<i>Рабочая станция РС1</i>	УЯИШ.468266.006	1	2	2
1 Шкаф рабочей станции ШРС1-2	УЯИШ.469114.032-02	1	1	1
1.1 Вентилятор циркуляционный	IU10713-112	1	1	1
1.2 Блок системный	SDI IC	1	1	1
Адаптер	DFE-550 FX	2 (3)	3	3
1.3 Устройство бесперебойного питания	Net Pro 19" 2000 VA	1	1	1
1.4 Блок преобразования сигналов БПС6	УЯИШ.468153.007	1	1	1
1.5 Устройство коммутации сигналов УКС1	УЯИШ.468347.004	1	1	1
Блок коммутации сигналов БКС2	УЯИШ.468347.003	1	1	1
Блок сопряжения БС3	УЯИШ.468352.003	2 (10)	10	10
Блок сигнализации БС5	УЯИШ.468232.001	1 (3)	3	3
Блок питания	MAX 115	2	2	2
1.6 Устройство коммутации сигналов УКС1-1	УЯИШ.468347.004-01	– (1)	1	1
Блок сопряжения БС3	УЯИШ.468352.003	– (14)	14	14
1.7 Устройство резервного питания УРП1	УЯИШ.436131.001	1	1	1
Плата контроля ПК1	УЯИШ.468213.005	1	1	1
Коммутатор сети	Filax	1	1	1
Аккумуляторная батарея	HZY12-26	3	3	3
2 Стойка мебельная		1	1	1
3 Монитор 24"	Samsung Sync Master 244T	2 (2)	2	2
4 Звуковая система	SPS-611	1	1	1
5 Промышленная клавиатура	KBD-6312	1	1	1
6 Принтер	HP Color Laser Jet 2550 LN	1	1	1
<i>Рабочая станция РС1-1</i>	УЯИШ.468266.006-1	1	1	1
1 Шкаф рабочей станции ШРС1-1	УЯИШ.469114.032-01	1	1	1
1.1 Вентилятор циркуляционный	IU10713-112	1	1	1
1.2 Блок системный	SDI IC	1	1	1
1.3 Адаптер	DFE-550 FX	1	1	1
1.4 Коммутатор Ethernet	Ethernet Swich SF-16FX	1	1	1
1.5 Устройство бесперебойного питания	Net Pro 19" 2000 VA	1	1	1
2 Стойка мебельная		1	1	1
3 Монитор 24"		1 (2)	2	2
4 Звуковая система	SPS-611	1	1	1
5 Промышленная клавиатура	KBD-6312	1	1	1
6 Принтер	HP Color Laser Jet 2550 LN	1	1	1
<i>Комплект периферийного оборудования (см. табл.2)</i>	УЯИШ.468929.001	1	1	1

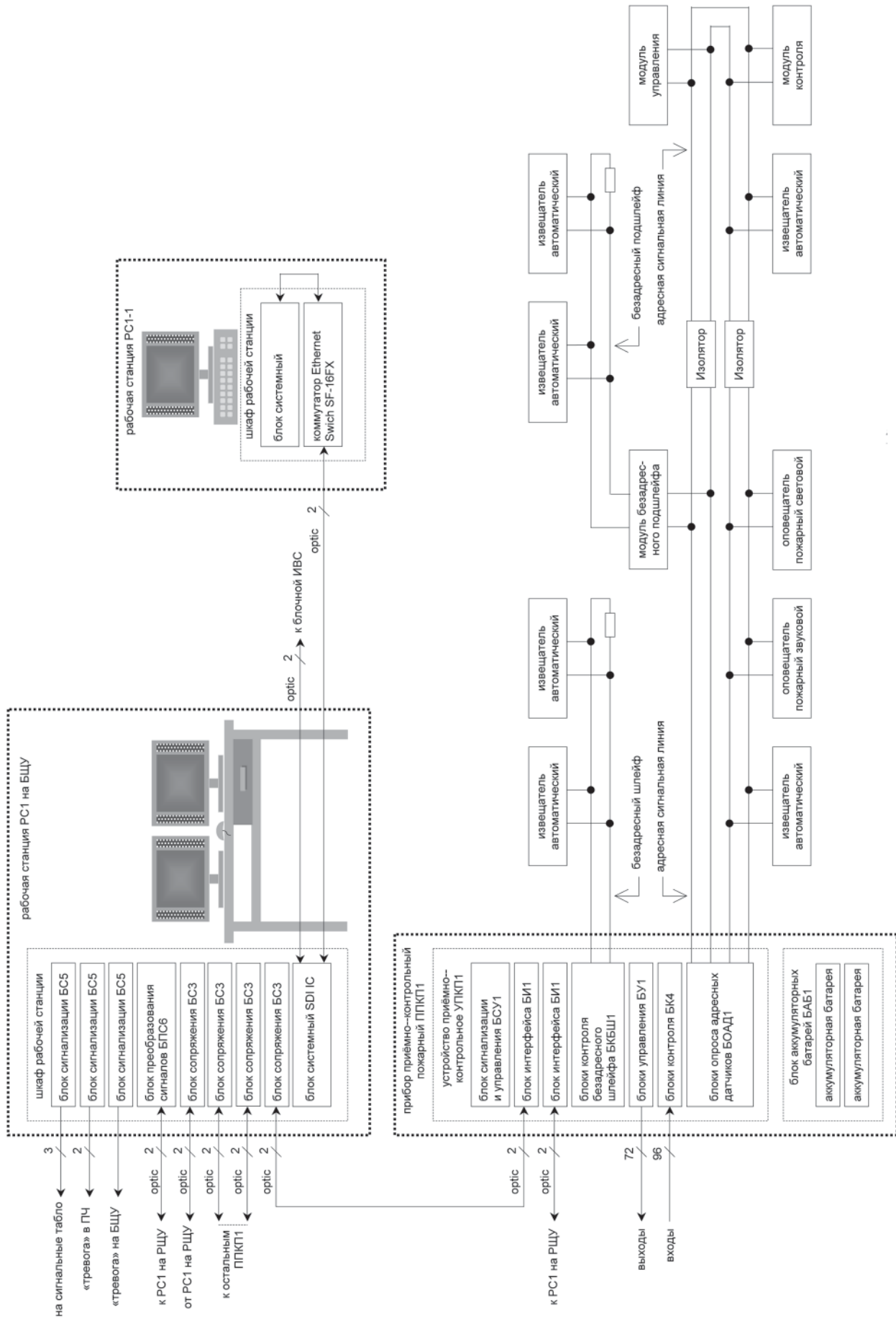


Рис. 1. Обобщённая структурная схема СПС

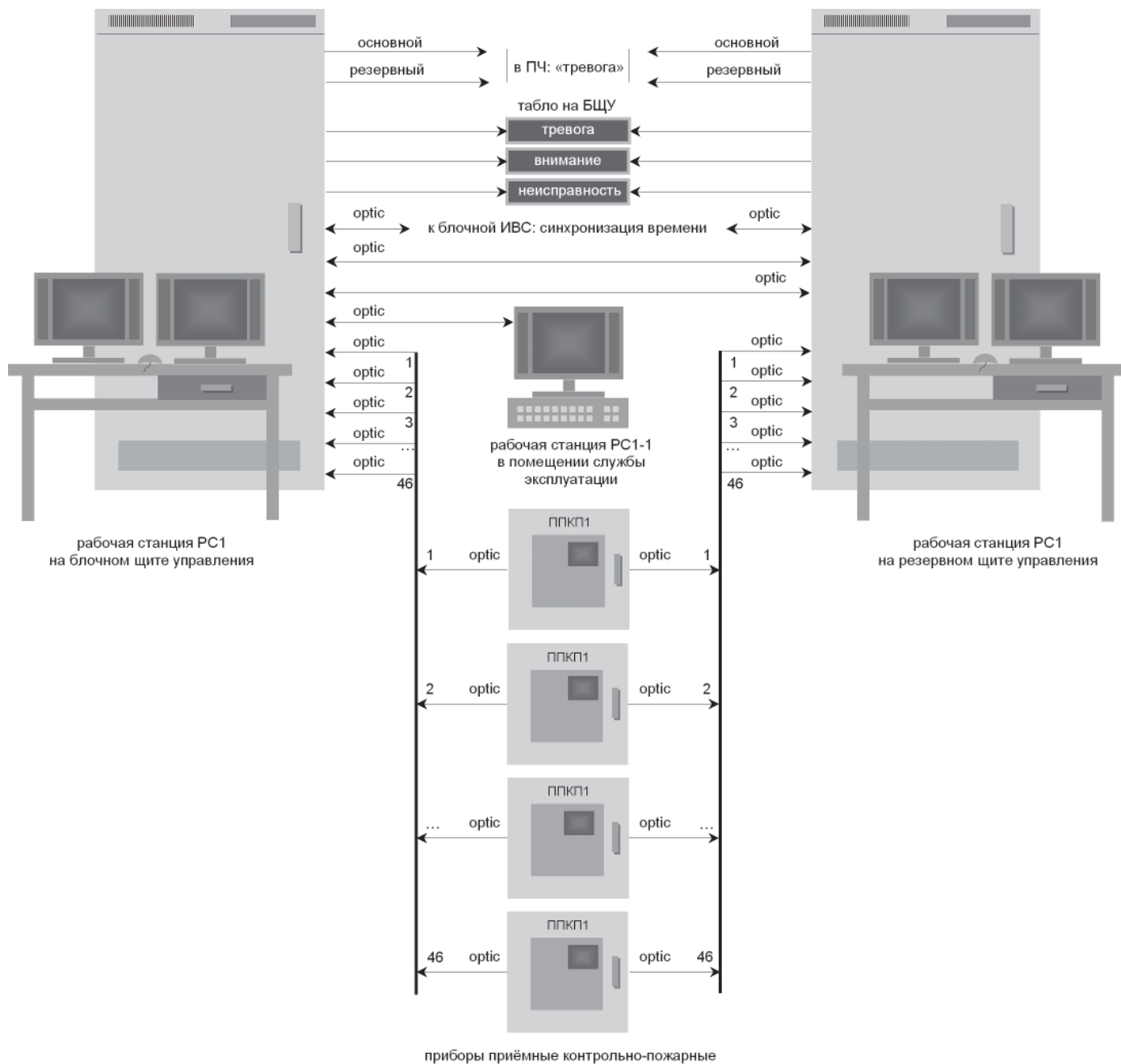


Рис. 2. Структурная схема центральной части СПС1

информационно-вычислительной системой (ИВС). Информация отображается на экране панельного компьютера и может быть выведена на мониторы РС1 и РС1-1.

В каждом ППКП1 можно наращивать информационные и управляющие функции (увеличивать число информационных входов, управляющих выходов, бездресных шлейфов и адресных сигнальных линий).

**Рабочие станции**

В состав РС1 (рис. 5 и 6) входят напольный шкаф ШРС1-2, один или два видеомонитора (24"), промышленная клавиатура, звуковая система и принтер. В ШРС12 установлены:

устройство коммутации сигналов УКС1 (если число подключаемых ППКП1 более 18 — также УКС11);

системный блок SDI IC (промышленный компьютер); блок преобразования сигналов БПС-6; устройство бесперебойного питания; устройство резервного питания УРП1; вентилятор циркуляционный (на рис. 5 не показан).

В состав УКС1 входят до трёх блоков сигнализации БС5, один блок коммутации сигналов БКС2, до 10 блоков сопряжения БС3 и два блока питания МАХ112; в состав УКС11 — до 14 блоков сопряжения БС3. Блоки сигнализации БС5 формируют сигналы «ТРЕВОГА», «ВНИМАНИЕ», «НЕИСПРАВНОСТЬ», которые индицируются светодиодами на лицевых панелях и передаются на БЩУ и в ПЧ. Блоки контролируют также наличие связи со всеми ППКП1. Каждый блок имеет два дискретных выхода, активное со-

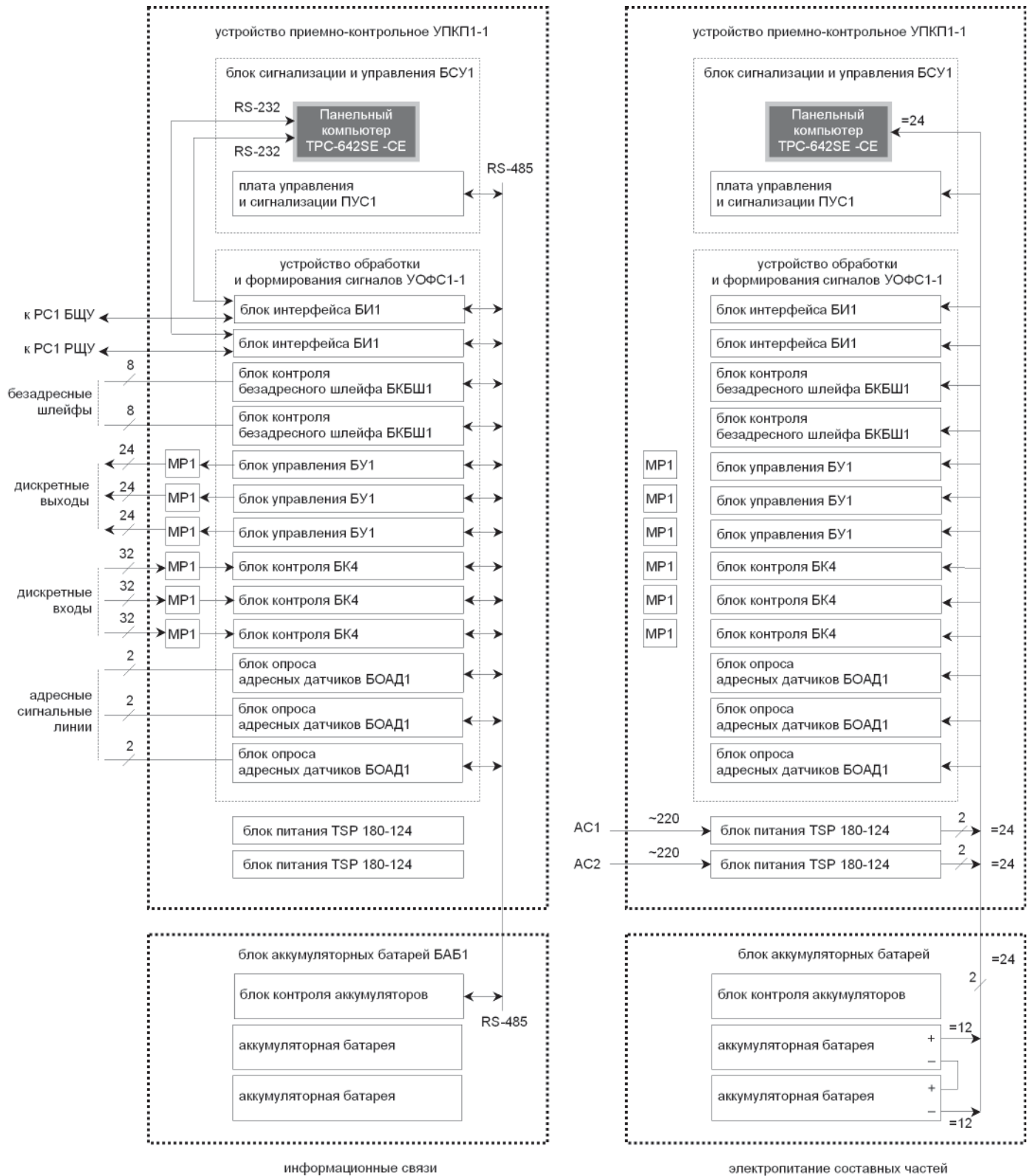


Рис. 3. Прибор приёмно-контрольный пожарный ППКП1-1 (максимальный состав)

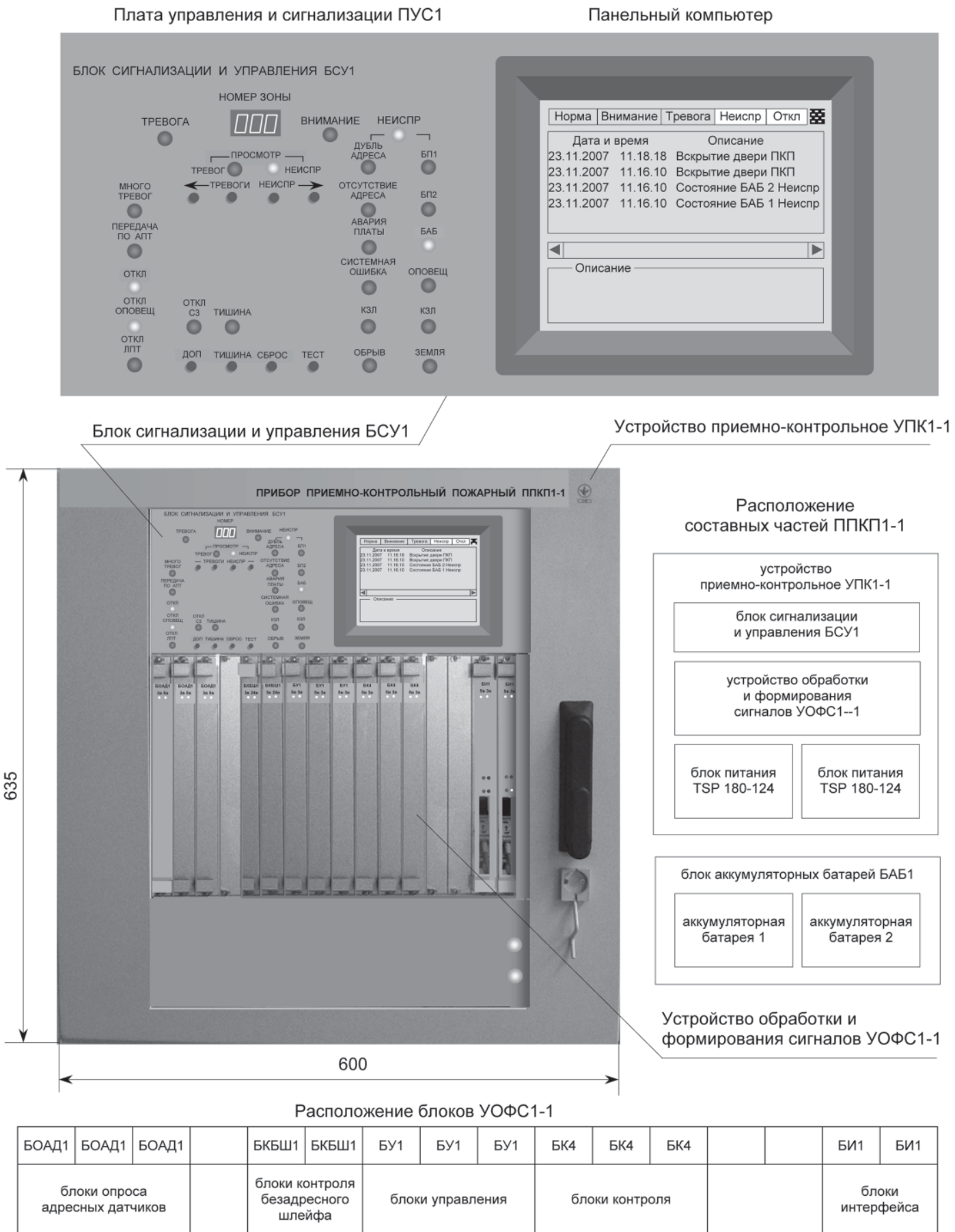
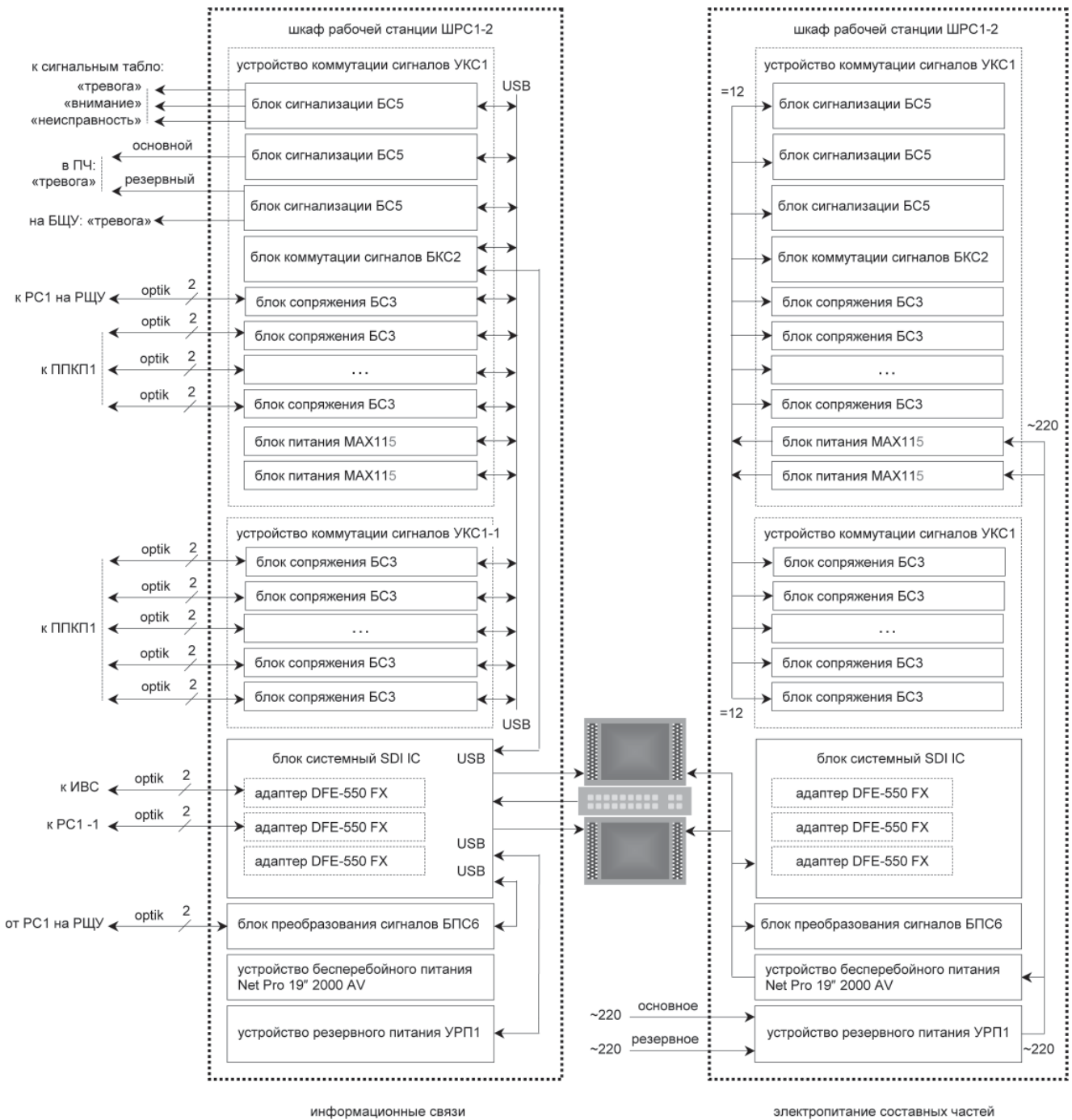


Рис. 4. Прибор ППКП1-1. Внешний вид и расположение составных частей



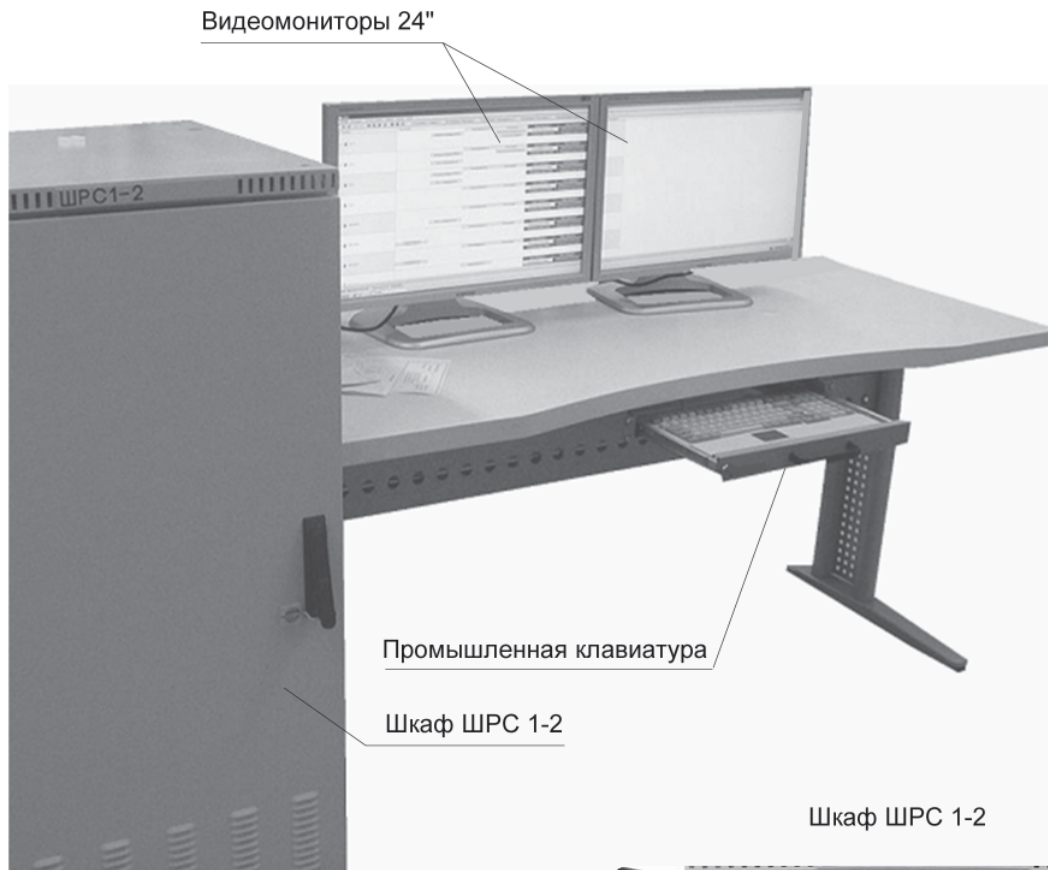
ПРИМЕЧАНИЕ. Состав и структура рабочей станции PC1 на РЩУ - аналогичны

Рис. 5. Рабочая станция PC1 на БЩУ (максимальный состав)

стояние которых представлено напряжением 24 В постоянного тока при токе нагрузки не более 200 мА. Блок коммутации сигналов БКС2 является расширителем интерфейса USB, через который остальные блоки, входящие в состав УКС1 и УКС1-1, обмениваются данными с системным блоком. Блоки сопряжения БС3 осуществляют преобразование оптических сигналов в электрические. Каждый блок имеет два независимых оптических входа. Один из блоков БС3 в рабочей станции, установленной на БЩУ (РЩУ), соединяется с блоком преобразования сигналов БПС6 в рабочей станции, установленной, соответственно, на РЩУ (БЩУ).

Системный блок обеспечивает совместное функционирование всех составных частей PC1, связанных с ним по интерфейсу USB, приём сигналов от промышленной клавиатуры, выдачу данных на видеомониторы и принтер, управление звуковой системой, синхронизацию времени с ИВС, передачу данных PC1-1, а также контроль технического состояния рабочей станции и подключённых к ней ППКП1, хранение в базе данных и архивирование текущей и диагностической информации. Для обмена информацией с ИВС и PC1-1 по волоконно-оптической линии связи в системном блоке предусмотрены адаптеры DFE-550 FX





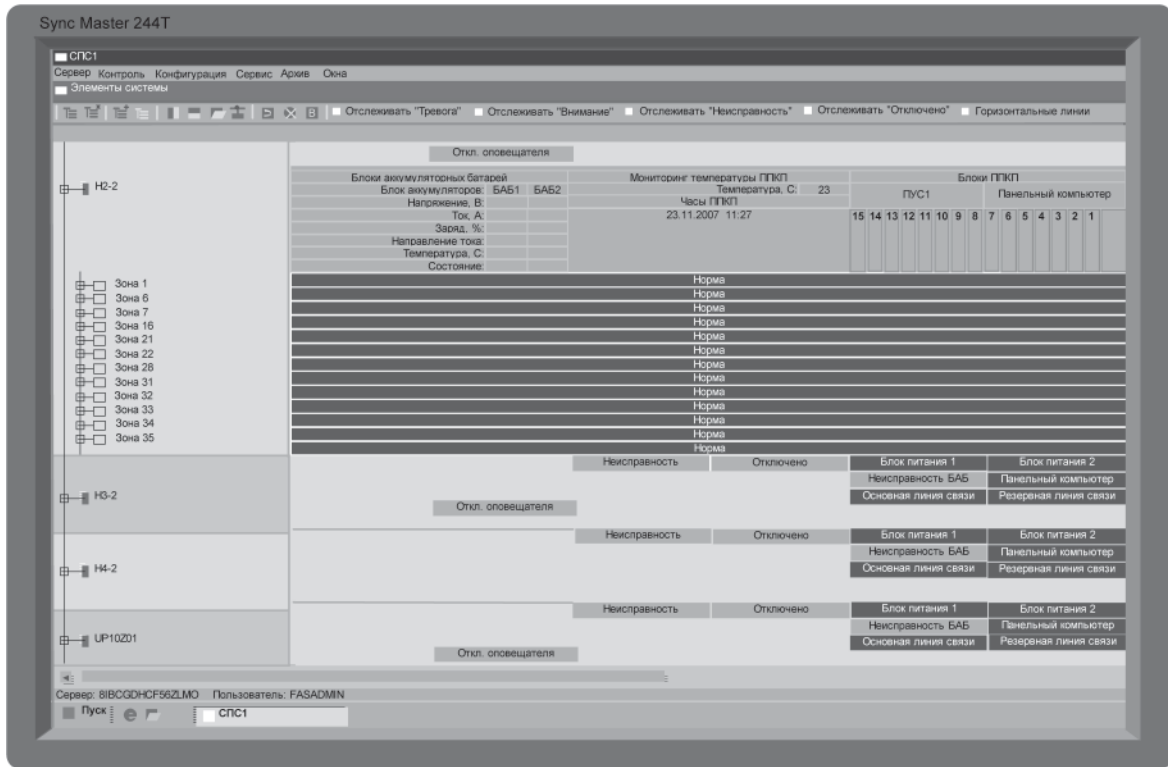
Расположение составных частей шкафа ШРС 1-2

вентилятор циркуляционный									
системный блок (промышленный компьютер 610H ADVANTECH)									
устройство бесперебойного питания									
устройство коммутации сигналов УКС 1									
MAX115	БС3	...	БС3	БКС2	БС5	БС5	БС5	-	MAX115
блок питания	блок сопряжения	блоки сопряжения	блок сопряжения	блок коммутации	блок сигнализации	блок сигнализации	блок сигнализации		блок питания
устройство коммутации сигналов УКС 1-1									
-	БС3	...	БС3	БС3	БС3	БС3	БС3	-	-
	блок сопряжения	блоки сопряжения	блок сопряжения	блок сопряжения	блок сопряжения	блок сопряжения	блок сопряжения		
устройство резервного питания УРП1									



Рис. 6. Рабочая станция РС1. Внешний вид и расположение составных частей

### Левый видеомонитор



### Правый видеомонитор

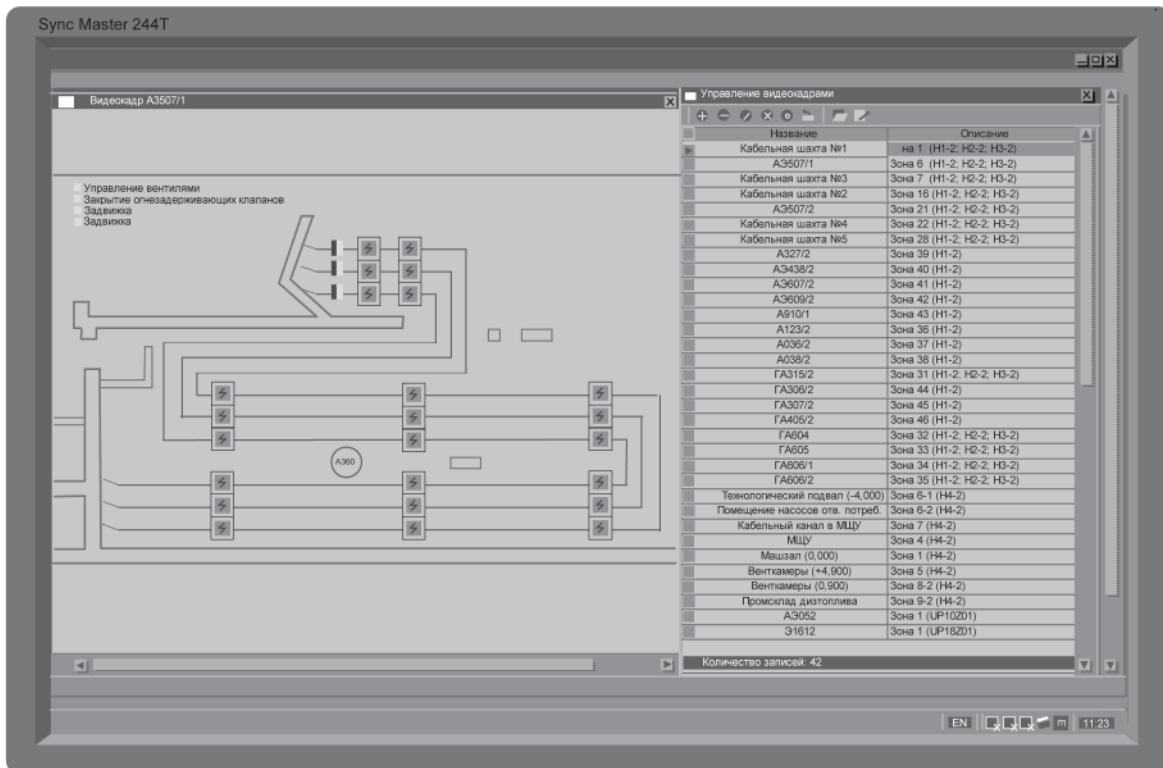


Рис. 7. Рабочая станция РС1. Примеры видеокадров

(используется спецификация 100BASE-FX, регламентирующая работу сетей Fast Ethernet с протоколом CSMA/CD). Номинальная скорость передачи единичных элементов цифровых сообщений между ППКП1 и РС1, а также между РС1 и ИВС — 100 Мбит/с.

Питание РС1 осуществляется через устройство резервного питания УРП1, которое получает энергию от двух независимых источников переменного тока (220 В). В состав УРП1 входят:

коммутатор сети, который при отключении одного источника автоматически подключает к выходу УРП1 напряжение другого источника;

три параллельно соединённых герметичных кислотно-свинцовых аккумулятора (12 В, 26 А·ч) для резервного питания блоков, входящих в состав УКС1 и УКС11 (основное питание блоков осуществляется от двух источников МАХ112, установленных в УКС1);

зарядное устройство, обеспечивающее автоматическую подзарядку аккумуляторов;

плата контроля, предназначенная для контроля и индикации режима электропитания (от основного или резервного источника), напряжения и тока заряда/разряда каждого аккумулятора, напряжения на выходе УРП1 (информация о состоянии аккумуляторов передается из УРП1 в системную плату по интерфейсу USB).

Электропитание системного блока, мониторов и блока преобразования сигналов БПС6 осуществляется от устройства бесперебойного питания Net Pro 193 2000 VA, подключённого к выходу УРП1.

Для ручного ввода данных используется стандартная клавиатура в промышленном исполнении; отображение данных осуществляется на одном или двух (по условиям заказа) цветных жидкокристаллических мониторах с диагональю экрана 24", разрешающей способностью 1600 × 1280 точек, цветовой палитрой 2<sup>16</sup> цветов и частотой кадровой развертки 85 Гц. Информация на видеокдрах представлена в виде технологических мнемосхем, таблиц, рисунков, графиков, текстовых сообщений и состоит из постоянной (статической) части и наложенных на неё автоматически обновляемых (динамических) фрагментов, которые извлекаются из базы данных или архива. Видеокдры организованы в виде иерархической структуры, построенной по принципу «от общего к частному». Примеры видеокдров приведены на рис. 7. Вызов видеокдра осуществляется автоматически (при обнаружении очага возгорания в каком-либо помещении) или по инициативе оператора (помощью клавиатуры) простым и наглядным способом, с минимальным количеством необходимых для этого действий. По директиве оператора может производиться регистрация любого видеокдра на лазерном принтере.

### Периферийное оборудование

К периферийному оборудованию относятся безадресные и адресные периферийные устройства: пожарные извещатели — ручные и автоматические (дымовые, тепловые и комбинированные); пожарные оповещатели (световые, звуковые и светозвуковые); модули контроля и управления (ввода и/или вывода дискретных сигналов); разделители цепей (барьеры искробезопасности, изоляторы короткого замыкания). К периферийному оборудованию отнесены также модули автоматического газового пожаротушения, поставляемые в составе СПС1. Вместе с периферийными устройствами могут поставляться их монтажные части (базовые

основания) и защитные кожухи. В табл. 2 указана номенклатура периферийного оборудования, доступного для заказа, и количество изделий каждого типа в головном образце (СПС1) и в поставочных комплектах СПС11 и СПС12.

**Безадресные периферийные устройства** представлены «пороговыми» пожарными извещателями (ППИ), которые контролируют один или несколько факторов пожара (температуру, скорость изменения температуры, задымлённость и т. п.) и самостоятельно, независимо от других извещателей и центрального оборудования системы, принимают решение о возникновении пожара каждый раз, когда превышено заранее заданное значение порога чувствительности. Извещение о пожаре передаётся в виде дискретного сигнала — увеличением тока, протекающего по шлейфу через извещатель. В СПС1 могут использоваться любые отечественные и зарубежные ППИ, соответствующие требованиям ДСТУ EN 545 [10] и EN 547 [11] и рассчитанные на подключение к двухпроводному шлейфу (рис. 8, а), на который подается напряжение постоянного тока  $24 \pm 3$  В. Контроль состояния каждого шлейфа осуществляют блоки БКБШ1. В каждом шлейфе могут использоваться до 32 однотипных ППИ, разветвление шлейфа не допускается. При срабатывании ППИ резисторы R1...R32 ограничивают ток на уровне, который интерпретируется блоком БКБШ1 как сигнал «ВНИМАНИЕ» или «ПОЖАР» (в зависимости от настройки конфигурации шлейфа). Сопротивление резистора R33 определяет ток, протекающий в режиме проверки исправности шлейфа (при подаче на шлейф напряжения обратной полярности). Диоды VD1...VD33 применяются в том случае, если ППИ проводят ток при обратном напряжении на шлейфе.

Преимуществом ППИ является простота схемы и малая стоимость, однако системы с такими извещателями имеют ограниченные возможности для идентификации места возгорания: в центральном оборудовании можно определить только номер шлейфа, в который включен сработавший извещатель, но не его расположение в этом шлейфе (источник сигнала можно определить только визуально — по встроенному в извещатель светодиоиду или подключённому к нему выносному устройству индикации). Кроме того, не может быть реализован автоматический контроль работоспособности ППИ, поэтому для повышения надежности требуется устанавливать не менее двух (практически, с учётом вероятности отказов и ложных срабатываний, — три-четыре) ППИ в каждом контролируемом помещении. В системах пожарной сигнализации 3 СБ блока № 1 и 2 СБ блока № 3 ЮУ АЭС предусмотрено применение безадресных ППИ: дымовых оптических ИПК-4 «Премьер», которые контролируют помещения гермозоны реакторного отделения, и тепловых 5451EIS.

**Извещатели ИПК-4 «Премьер»** (изготовитель — СКБ «Электронмаш», г. Черновцы) предназначены для обнаружения в закрытых помещениях загораний, сопровождающихся появлением дыма. Принцип действия извещателя основан на излучении импульсов света в инфракрасном диапазоне частот и регистрации их фотоприёмником. Прямая оптическая связь между излучателем (светодиодом) и фотоприёмником отсутствует. Если в дымовой камере появляются частицы дыма, свет отражается от них и попадает на фотоприёмник, что приводит к увеличению уровня электрического сигнала на его выходе. В дежурном режиме при номинальном напряжении потребляемый ток не превышает 150 мкА. При достижении порогового значения плотности дыма (от 0,05 до 0,2 дБ/м) извещатель с задерж-

Таблица 2. Состав периферийного оборудования СПС1

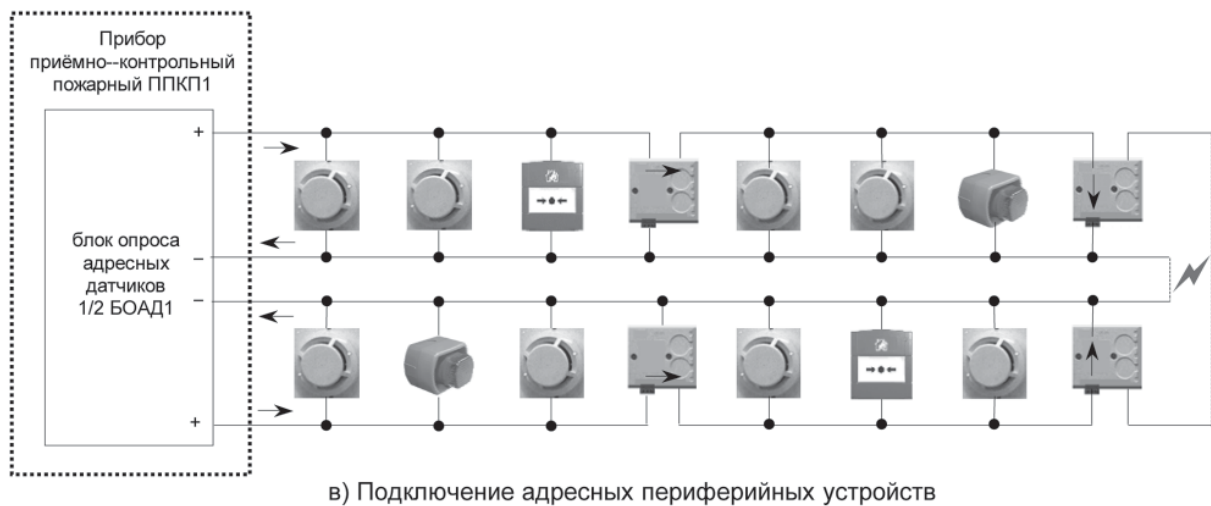
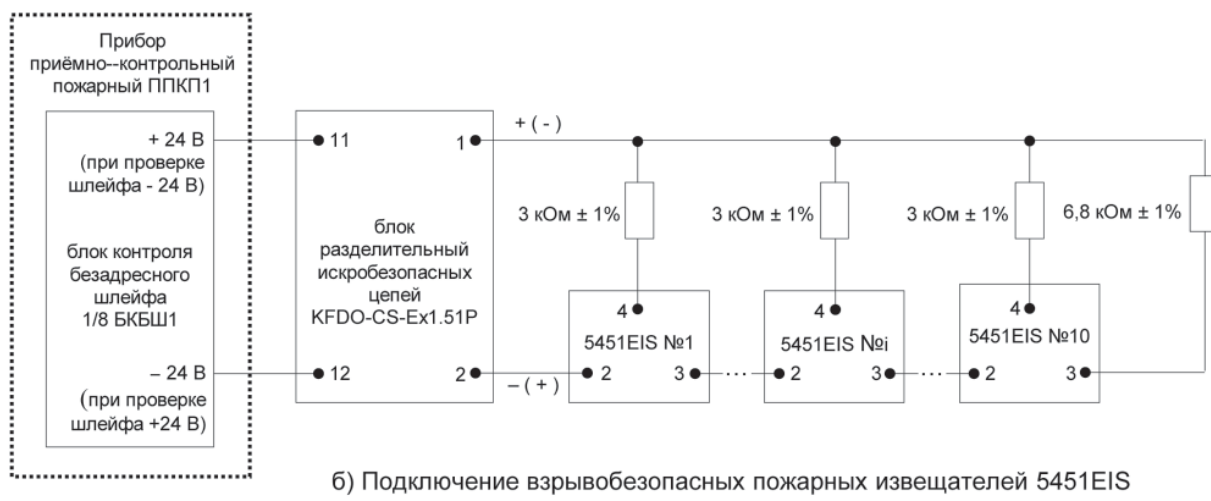
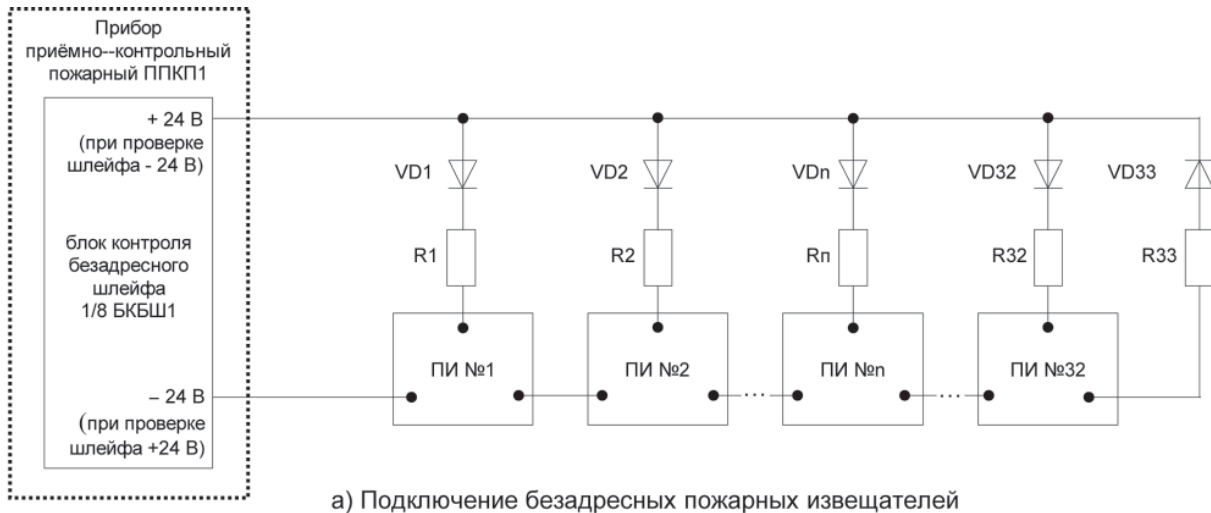
Наименование	Обозначение	Количество в исполнении		
		СПС1	СПС1-1	СПС1-2
<i>Безадресные периферийные устройства</i>				
Извещатель пожарный комбинированный <sup>1)</sup>	ИПК-3 «Премьер»	3	–	–
Извещатель пожарный дымовой оптический <sup>1)</sup>	ИПК-4 «Премьер»	3	20	64
Извещатель пожарный тепловой <sup>1)</sup>	ИП101 «Гранат»	–	–	–
Извещатель пожарный тепловой <sup>2)</sup>	5451EIS	1	5	9
Блок разделительный искробезопасных цепей	KFD0-CS-Ex 1.51P	–	3	5
<i>Адресные периферийные устройства</i>				
Извещатель пожарный дымовой	2251EM (ИП212-86)	3	312	373
Извещатель пожарный дымовой оптический <sup>1)</sup>	2251EIS	1	–	–
Извещатель пожарный тепловой	5251EM	3	–	–
Извещатель пожарный тепловой	5251REM	3	–	–
Извещатель пожарный комбинированный	2251TEM	3	–	–
Извещатель пожарный дымовой лазерный	LZR-1M	1	–	–
Извещатель пожарный ручной	MCP5A-RF01FG	–	–	9
Извещатель пожарный ручной	M500 KAC	3	–	–
Оповещатель пожарный звуковой <sup>1)</sup>	DBS24ALW	1	–	–
Оповещатель пожарный звуковой	EMA24ALR	2	–	–
Оповещатель пожарный световой	EMA24RS2R	–	–	12
Оповещатель пожарный светозвуковой	EMA24FRSSR	–	–	30
Оповещатель светозвуковой	C-05C-12, C-05-C-24	–	–	–
Модуль контроля	M210E	3	–	–
Минимодуль контроля <sup>1)</sup>	M501ME	2	–	–
Микромодуль контроля <sup>1)</sup>	M503ME	2	–	–
Модуль контроля безадресного подшлейфа	M512ME	3	–	–
Модуль управления	M201E	3	–	–
Модуль передачи	IST200	1	–	–
Изолятор гальванический	Y72221 (KFD0-CS-Ex 1.54)	1	–	–
Изолятор короткого замыкания	M200XE	3	63	65
<i>Средства автоматического пожаротушения</i>				
Модуль газового пожаротушения	МГП1-1-80-18А	1	–	16
Модуль газового пожаротушения	МГП1-2-80-18А	–	–	24
<i>Монтажные части периферийных устройств</i>				
Базовое основание	B-401	1	5	9
Базовое основание	B-501	3	312	373
Базовое основание	B-501DG	3	–	–
Базовое основание с встроенным изолятором КЗ	B-524RTE	3	–	–
Базовое основание с встроенным изолятором КЗ	B-524IEFT-1	3	–	–
Базовое основание для изолятора	M200—SMB	–	63	65
Монтажный комплект	WB-1	1	–	–
Кожух	УЯИШ.305153.001	–	312	373

<sup>1)</sup> Требуется подтверждения по условиям эксплуатации

<sup>2)</sup> Искробезопасное исполнение

кой не более 30 с переходит в режим «ТРЕВОГА», при этом ток шлейфа скачкообразно увеличивается (ограничивается на уровне 10 мА), что воспринимается блоком БКБШ1 как сигнал «ТРЕВОГА», полученный от этого шлейфа. После срабатывания извещателя режим «ТРЕВОГА» сохраняется и в том случае, если его дымовая камера очистится от продуктов горения. Возврат в дежурный режим проводится отключением напряжения на шлейфе на время не

менее 3 с. В любом режиме извещатель не меняет своего состояния при однократных и повторяющихся прерываниях напряжения на шлейфе, если их длительность не превышает 100 мс, а частота — не более 1,5 Гц. В дежурном режиме встроенный светодиодный индикатор мигает с частотой 0,3 Гц, в режиме «ТРЕВОГА» — светится непрерывно. Этот же индикатор сигнализирует о запыленности дымовой камеры.







-  Автоматические пожарные извещатели
-  Световые и звуковые пожарные оповещатели
-  Ручные пожарные извещатели
-  Изоляторы короткого замыкания

Рис. 8. Периферийные устройства в составе СПС1

*Извещатели пожарные тепловые* (максимально-дифференциальные) 5451EIS (изготовитель — фирма System Sensor, Триест, Италия) предназначены для обнаружения в закрытых помещениях загораний, сопровождающихся повышением температуры и/или скорости повышения температуры выше установленных для них пороговых значений. Чувствительным элементом извещателя являются двоярные терморезисторы. В соответствии с европейской практикой в тепловых извещателях устанавливаются порог срабатывания 58 °С (в случае медленного увеличения температуры) и порог скорости увеличения температуры, равный 8 °С/мин. Возврат из режима срабатывания в дежурный режим, при котором потребляемый ток не превышает 40 мкА, осуществляется путем кратковременного снятия напряжения питания. Два светодиода обеспечивают визуальный контроль срабатывания извещателя с углом обзора 360°. Извещатели могут применяться на взрывоопасных объектах (маркировка взрывозащиты IExibIIBT4X). Используется наиболее надежный вид взрывозащиты — «искробезопасная электрическая цепь», — который обеспечивается за счёт ограничения запасенной в ней энергии на таком уровне, чтобы при обрывах и коротких замыканиях цепь не генерировала электрическую дугу, искру или тепло, которые могли бы вызвать взрыв опасной смеси. Это достигается ограничением ёмкости и индуктивности элементов схемы, а также мощности, потребляемой извещателем. Блок KFDO-CS-Ex1.51P (изготовитель — фирма Pepperl+Fuchs, Сингапур) размещается во взрывобезопасном помещении (с допускаемой температурой в от 0 до 50 °С). Он обеспечивает гальваническую развязку и ограничивает токи и напряжения в шлейфе на уровнях, при которых невозможно образование искры, т. е. является барьером искробезопасности между БКБШ1 и шлейфом (маркировка взрывозащиты шлейфа ExibIIB). К одному искробезопасному шлейфу можно подключать от двух до 10 извещателей 5451EIS (рис. 8, б).

*Адресные периферийные устройства* доминируют на мировом рынке современных пожарных систем [15]. Адресные пожарные извещатели (АПИ) определяют количественные характеристики одного или нескольких факторов пожара (задымленности, температуры и т. п.), после чего передают эти данные в центр, где вся полученная информация анализируется и принимается решение о возникновении пожароопасной ситуации или пожара\*. При этом разделяются медленные процессы (соответствующие накоплению пыли или дрейфу), выбросы, вызванные электромагнитными воздействиями, и процессы, динамика которых соответствует развитию возгорания. Обмен сообщениями между периферийными устройствами и центральным оборудованием, а также питание периферийных устройств осуществляются по общим адресным сигнальным линиям (двухпроводному шлейфу), как показано на рис. 8, в. К одному шлейфу могут подключаться не только источники (АПИ, блоки контроля), но и приёмники (оповещатели, блоки управления). Каждое периферийное устройство имеет собственный адрес. ППКП1 выдаёт запросы и получает данные поочередно, в порядке увеличения адресов, при этом каждое периферийное устройство воспринимает все адреса и команды, передаваемые по шлейфу, но выполняет только те команды, которые ему адресованы. При очередном обращении к пожарному извещателю ППКП1 получает новые данные о пожарной обстановке в зоне, где размещён этот извещатель, а за один период опроса обновляет всю информацию о контролируемых параметрах. Это даёт

возможность более глубокого анализа ситуации в каждой контролируемой зоне (сопоставление данных, полученных от нескольких АПИ и/или о разных факторах пожара в одной зоне, адаптация к изменению окружающих условий, автоматическая компенсация изменения чувствительности), что способствует повышению достоверности обнаружения пожара и снижению вероятности ложных тревог. На основании анализа получаемых данных ППКП1 способен обнаружить ранние признаки возгорания и выдать соответствующие предупредительные сигналы («ВНИМАНИЕ») на табло БЩУ, ПУС1, экран панельного компьютера и видеомониторы рабочих станций (с указанием зоны предполагаемой опасности), а также по месту (включением пожарных оповещателей и/или светодиодов АПИ, расположенных непосредственно в этой зоне). Это позволяет персоналу проверить, действительно имеется возгорание или же предупредительный сигнал вызван, например, конденсацией влаги, пылью, электромагнитной помехой и т. п. Если же возгорание возникло, зачастую его можно ликвидировать с минимальными материальными потерями, используя первичные средства пожаротушения. Таким образом можно избежать многих неудобств, затрат и опасностей, вызванных ложным сигналом тревоги (прекращение работы персонала, выключение оборудования, эвакуация людей, вызов пожарных, срабатывание противопожарной автоматики). Предупредительные сигналы автоматически снимаются при исчезновении признаков возгорания, а в случае усиления этих признаков — заменяются сигналами «ТРЕВОГА» (один из которых передаёт сообщение о пожаре непосредственно в пожарную часть), и только после этого выдаются команды включения периферийных устройств, осуществляющих управление инженерным оборудованием и противопожарной автоматикой.

Как показано на рис. 8, в, начало шлейфа подключается к выходу блока БОАД1, конец — к входу этого же блока, образуя таким образом петлю (или «кольцо»). БОАД1 контролирует отсутствие обрыва, сравнивая данные на обоих концах петли, а при обнаружении обрыва — формирует сообщение о виде и месте возникновения неисправности и продолжает работу, интерпретируя образовавшуюся при этом структуру как два отдельных радиальных шлейфа. Это позволяет сохранять работоспособность системы при любом одиночном обрыве и обнаруживать все двойные обрывы шлейфа. После устранения неисправности БОАД1 автоматически возвращается в штатный режим работы. Адресный шлейф разделяется на несколько участков специальными устройствами — изоляторами короткого замыкания, которые при исправном шлейфе не влияют на передачу данных. Если же в каком-либо месте происходит короткое замыкание, ближайшие к этому месту изоляторы (электронные ключи) автоматически отключают неисправный участок шлейфа обеих сторон. Блок БОАД1 обнаруживает двойной обрыв, определяет положение отключённого участка шлейфа, формирует сообщение о виде и месте возникновения неисправности и продолжает работать (подавать напряжение, выдавать адреса и команды, принимать данные) с каждым из двух отдельных радиальных участков, сохранившихся на обоих концах шлейфа. За исключением периферийного оборудования на отключённом участке (между сработав-

\* Такие системы называют адресно-аналоговыми, поскольку к центральному оборудованию передаются не сигналы срабатывания пожарных извещателей, а информация о значениях аналоговых величин, характеризующих факторы пожара.

шими изоляторами), вся остальная часть системы сохраняет работоспособность. После устранения неисправности БОАД1 автоматически возвращается в штатный режим работы. Изоляторы короткого замыкания могут быть автономными (в виде отдельных блоков) или размещаться в базовых основаниях либо в самих периферийных устройствах. Устойчивость адресных систем к неисправностям в виде обрывов и коротких замыканий шлейфа позволяет использовать одну пару сигнальных линий для подключения большого числа периферийных устройств различного функционального назначения, снижая тем самым капитальные затраты на приобретение и прокладку кабелей.

В системе предусматриваются функции самопроверки, в том числе автоматический контроль работоспособности каждого периферийного устройства и компенсация изменения чувствительности АПИ для сохранения постоянной разности между уровнем срабатывания сигнализации и величиной контролируемого параметра, медленно изменяющейся, например, в результате накопления пыли в дымовой камере. Анализируя данные, полученные от извещателя, можно прогнозировать приближение постепенных отказов. При падении чувствительности ниже определённой границы формируется сигнал о неисправности АПИ, при чрезмерном увеличении — о необходимости технического обслуживания. Высокая контролепригодность позволяет увеличить период между техническим обслуживанием и способствует уменьшению эксплуатационных расходов.

В СПС1 обеспечена возможность использования АПИ серий 200 и 500 фирмы System Sensor (одного из ведущих мировых производителей пожарных извещателей) и совместимых с ними периферийных устройств, которые имеют унифицированный протокол обмена данными с центральной частью системы\*. К одной и той же адресной сигнальной линии могут подключаться и другие периферийные устройства — автоматические и ручные пожарные извещатели, оптические и акустические оповещатели, модули подключения безадресных подшлейфов. Для источников и приёмников, которые непосредственно не сопрягаются с адресными сигнальными линиями, предусмотрены интерфейсные модули контроля и управления (выдающие в шлейф данные о состоянии средств противопожарной автоматики и инженерного оборудования) и инициирующие их включение по командам, полученным по шлейфу от ППКП1. Для каждого периферийного устройства в шлейфе с помощью пары встроенных переключателей задаётся уникальный адрес в диапазоне от 01 до 99 (в перспективе — до 318). Цифровые символы сообщения (0 и 1) передаются изменением напряжения шлейфа относительно номинального уровня (24 В). Далее приведены характеристики адресных периферийных устройств, применённых в системах пожарной сигнализации 3 СБ блока № 1 и 2 СБ блока № 3 ЮУ АЭС.

*Извещатели пожарные дымовые ИП212-86* (европейское обозначение 2251EM, изготовитель — «Систем Сенсор Фаир Детекторс», Россия) предназначены для обнаружения возгораний, сопровождающихся появлением светлого дыма. ИП212-86 рассчитаны на круглосуточную непрерывную работу в помещениях с температурой от минус 30 до плюс 80 °С и влажностью от 10 до 93 % (при температуре 35 °С). Чувствительным элементом извещателя являются инфракрасный излучатель (светодиод) и фотоприёмник, оп-

тические оси которых не совпадают. В состав извещателя входят аналого-цифровой преобразователь и сигнальный процессор, который управляет параметрами функционирования и обеспечивает работу извещателя в адресной системе с протоколом System Sensor 200. После включения питания, а также через каждые 24 ч непрерывной работы производится самодиагностика электронных элементов и чувствительности извещателя, результаты которой передаются по запросу центрального оборудования.

*Извещатели пожарные ручные MCP5A-RF01FG* (изготовитель — KAC Alarm Company Limited, Англия, — мировой лидер в производстве этого вида продукции) предназначены для передачи по адресным линиям связи тревожных сигналов, инициированных вручную. Выпускаются со встроенными изоляторами короткого замыкания и без изоляторов. Извещатели активизируются при механическом воздействии на стекло передней панели (активизированное состояние индицируется светодиодом красного цвета). Стекло защищено специальной пленкой и разламывается на две части без осколков; возврат в дежурный режим предусматривает установку нового стекла. Возможна поставка извещателей с гибкой пластмассовой пластиной, не требующей замены в течение всего срока эксплуатации. Для проверки работоспособности в гнездо на корпусе вставляется специальный ключ, при этом стекло опускается и извещатель срабатывает. С помощью того же ключа производится восстановление после срабатывания и снятие крышки, что обеспечивает защиту от несанкционированного доступа в соответствии с EN54-11 [12].

*Оповещатели пожарные световые EMA24RS2R* (изготовитель — KAC Alarm Company Limited, Англия) формируют тревожные сигналы в виде вспышек с периодом 1 с. Рассчитаны на работу в помещениях с температурой от минус 30 до плюс 70 °С и влажностью от 10 до 93 % (при температуре 55 °С). На выбор предлагаются красный и белый корпуса, а также съёмные линзы — красная и желтая. Большая площадь линзы обеспечивает широкий обзор. Предусмотрена синхронизация тревожных сигналов всех оповещателей, которые установлены в одном помещении.

*Оповещатели пожарные светозвуковые EMA24FRSSR* (той же фирмы) формируют одновременно световые и звуковые сигналы. В оповещателе используется широкополосная динамическая головка, сопряжённая с акустической системой. Характеристики звуковых сигналов соответствуют стандарту EN54-3 [16] и НПБ 104-03 [17]: уровень звука в прямом направлении на расстоянии 1 м от оповещателя — 103 дБ(А), на расстоянии 3 м — 93 дБ(А) при токе потребления 11 мА, в перпендикулярном направлении уровень звука уменьшается на 8 дБ(А). Встроенный потенциометр позволяет ослабить звук на 0–15 дБ(А). Оповещатель формирует два типа звуковых сигналов, которые позволяют различать характер оповещения, например «ВНИМАНИЕ» или «ТРЕВОГА». Выбор диапазона частот, длительности и способа изменения частоты производится при помощи четырёх встроенных микропереключателей. При использовании двухтональных сигналов обеспечивается синхронное изменение частоты всех оповещателей, которые установлены в одном помещении. Для световых сигналов предлагаются съёмные линзы красного или белого цвета. В дежурном режиме предусмотрена возможность контроля шлейфа без включения сигналов оповещения.

*Изоляторы короткого замыкания M200XE* (изготовитель — фирма System Sensor, Триест, Италия) обеспечивают контроль шлейфа и отключение участка сигнальной

\* Унифицированный протокол System Sensor 200 широко используется во всем мире и общепризнан как один из наиболее интеллектуальных и технически совершенных.

линии, в котором произошло замыкание. В дежурном режиме потребляемый ток не превышает 200 мкА. Обнаружив короткое замыкание или снятие напряжения, М200ХЕ включает в сигнальную линию резистор с сопротивлением 22 кОм, тем самым изолируя неисправный участок шлейфа. М200ХЕ имеет двухцветный индикатор, который при нормальных условиях мигает зеленым цветом каждые 3 с, а при обнаружении короткого замыкания светится непрерывно желтым цветом. Изоляторы М200ХЕ могут применяться в помещениях с температурой окружающего воздуха от минус 20 до плюс 60 °С и влажностью от 5 до 95 % (при температуре 35 °С).

**Средства автоматического пожаротушения** приводятся в действие по объективным показателям, без участия человека. Подразделяются (в порядке возрастания стоимости) на порошковые, аэрозольные, водяные, пенные и водо-пенные, с тонкораспыленной водой и газовые.

Наиболее распространены сравнительно дешёвые системы автоматического водяного пожаротушения. Однако для них требуются трубопроводы, находящиеся под давлением, трубопроводная арматура, спринклерные оросители, насосы, источники энергопитания и управления насосами, а также запас воды. Кроме того, следует учитывать существенные ограничения по материалам, подлежащим тушению водой, и возможность ущерба, который наносится водой при тушении пожара или ложном срабатывании средств системы. На блоках №1 и №3 ЮУ АЭС средствами водяного пожаротушения оснащены, в частности, помещения гермопроходок, кабельных отсеков и кабельных шахт, топливных баков, технологические помещения систем безопасности и помещения ответственных потребителей резервных дизель-генераторов.

Средства газового пожаротушения считаются наиболее дорогими, поскольку требуют принятия специальных мер по оповещению и эвакуации людей, герметизации помещения и последующего удаления из помещения газа и продуктов сгорания. Однако они не имеют ограничений по материалам, подлежащим тушению, и практически не оказывают вредного воздействия на сами помещения и находящиеся в них оборудование, документы и другие материальные ценности. Поэтому газовое пожаротушение находит все более широкое применение, а в некоторых случаях является единственно возможным способом противопожарной защиты (например, в пунктах управления, диспетчерских, электрощитовых, вычислительных центрах и т. п.). В соответствии с НАПБ 03.005-2002 [8], при реконструкции системы пожарной сигнализации 2СБ энергоблока № 3 предусмотрено применение автоматических стационарных установок объемного газового пожаротушения во всех помещениях с электрической и электронной аппаратурой (без постоянного пребывания персонала), в которых величина удельной пожарной нагрузки превышает 200 МДж/м<sup>2</sup>. К ним относятся помещения РЩУ, панелей СУЗ, УКТС реакторного отделения и щитов КИП турбинного отделения. Для помещений с постоянным пребыванием персонала предусматриваются стационарные установки газового пожаротушения, запускаемые вручную.

**Модули газового пожаротушения МГП** (разработчик и изготовитель — Государственное предприятие Минобороны Украины «Харьковский механический завод») обеспечивают хранение огнетушащего вещества (жидкой двуокиси углерода, пентафторэтана, смеси хладона с вытеснителем — сжатым воздухом или азотом) в баллонах под давлением до 15 МПа и выпуск его в защищаемое помещение

вручную (путём механического воздействия) или по команде от ППКП1. Для хранения огнетушащего вещества в модуле МГП-1-80-18А имеется один баллон, в модуле МГП-2-80-18А — два баллона, установленных на сварной раме. Давление в каждом баллоне контролируется манометром. Для обнаружения утечки во время эксплуатации модули оборудованы устройством непрерывного контроля количества огнетушащего вещества. В горловину баллона завернуто запорно-пусковое устройство, к которому присоединяется выходной рукав с сигнализатором давления (предусмотрена возможность работы нескольких модулей на общий коллектор, обеспечивающий равномерное распределение газа по помещению). Огнетушащее вещество выпускается при вскрытии мембраны запорно-пускового устройства прокалыванием иглой ударника. Освобождение заранее взведенного ударника производится нажатием кнопки ручного пуска или подачей напряжения постоянного тока от 21,6 до 27,6 В на электромагнитный пускатель (ток срабатывания не более 0,4 А, задержка срабатывания не превышает 2 с). При выходе огнетушащего вещества срабатывают микропереключатели сигнализатора давления в трубопроводе, подавая сигнал о срабатывании модуля. Модули газового пожаротушения МГП 1-80-18А и МГП 2-80-18А могут применяться в помещениях с температурой окружающего воздуха от минус 30 до плюс 50 °С.

Модули МГП устанавливаются в местах, где исключено тепловое воздействие на них при возгорании электрооборудования. Распределительные трубопроводы с насадками-распылителями обеспечивают равномерную подачу огнетушащего вещества в объём помещения. В качестве огнетушащего вещества выбран сжиженный газ «Хладон-125», в качестве вытеснителя — азот. Хладон-125 (производитель — ОАО «Галоген», г. Пермь, Россия) негорючий, невзрывоопасный, нетоксичный газ, отвечает требованиям санитарного законодательства Украины и безопасен для здоровья человека. Нормативная огнетушащая концентрация Хладона-125 принята в проекте в размере 9,8 % объёма помещений, расчётное время тушения пожара в любом помещении — не более 10 с.

Для сопряжения с МГП использованы установленные в ППКП1 блоки контроля БК4 и блоки управления БУ1 (возможно использование поставляемых в составе СПС1 адресных периферийных устройств — модулей контроля М210Е, М501МЕ, М503МЕ и модулей управления М201Е). Обязательным условием является контроль исправности линий, которые соединяют МГП с аппаратурой СПС1.

### Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) *нижнего уровня* разработано на языках Assembler и С для:

процессоров (MSP430F149 и MSP430F1611 фирмы Texas Instruments) в блоках, входящих в состав ППКП1;

панельного компьютера, работающего под управлением операционной системы Microsoft Windows CE 3.0.

ПО *верхнего уровня* разработано на языках программирования Microsoft Visual C++, Embedded и Borland Delphi для рабочей станции PC1, работающей под управлением операционной системы Microsoft Windows Server 2003. При разработке использовались библиотеки классов Microsoft Foundation Classes (MFC) версии 6.0 (для Microsoft Visual C++ и Embedded), Visual Components Library (VCL) версии 7.0 (для Borland Delphi) и интегрированная среда разработки, соответственно, Microsoft Visual C++, Embedded 3.0 и Borland Delphi 7.0 (табл. 3).



Таблица 3. Состав программного обеспечения СПС1 и назначение программ

Наименование программы	Назначение программы
<i>ПО нижнего уровня</i>	
«Панельный компьютер»	Обмен данными с БИ1 и индикация режимов работы ППКП1
«Плата управления и сигнализации ПУС1»	Индикация режимов работы, контроль состояния ППКП1 и питающего напряжения
«Блок опроса адресных датчиков БОАД1»	Приём данных от источников, обработка и выдача команд приёмникам, обмен с БИ1
«Блок контроля безадресного шлейфа БКБШ1»	Прием и обработка сигналов пороговых извещателей, передача данных в БИ1
«Блок управления БУ1»	Приём данных от БИ1, выдача команд управления, контроль выходных цепей
«Блок контроля БК4»	Прием и обработка сигналов, контроль входных цепей, передача данных в БИ1
«Блок контроля аккумуляторов БАА1»	Контроль состояния аккумуляторных батарей, передача данных в БИ1
«Блок интерфейса БИ1»	Прием данных от БОАД1, БКБШ1, БУ1, БК4, обработка данных и принятие решения
«Блок преобразования сигналов БПС6»	Передача информации от ППКП1 в рабочую станцию
«Блок коммутации сигналов БКС2»	Прием, буферизация сигналов от БИ1 и передача в рабочую станцию
«Блок сигнализации БС5»	Формирование сигналов «ТРЕВОГА», «ВНИМАНИЕ», «НЕИСПРАВНОСТЬ»
«Плата контроля ПК1»	Контроль питающего напряжения и индикация режимов работы УРП1
<i>ПО верхнего уровня</i>	
«Коммуникационный сервис» (FAS PollService.exe)	Прием данных от нижнего уровня СПС1, проверка целостности, упаковка и передача данных программе «Кэширующий сервис»
«Кэширующий сервис» (CacheServer.exe)	Прием от программы «Коммуникационный сервис» и передача данных программам «Сервис архивирования данных», «Сервис интеграции с ИВС», «Диспетчер данных»
«Сервис архивирования данных» (DataServer.exe)	Прием пакетов данных от приложений «Кэширующий сервис» и «Сервис состояния рабочей станции», определение типа пакета, сохранение в базе данных
«Сервис интеграции с ИВС» (Integration Service.exe)	Прием пакетов данных от приложения «Кэширующий сервис», упаковка и передача данных в ИВС «Комплексе АЭС» по протоколу UDP (User Data Protocol)
«Диспетчер данных» (DataDispatcher.exe)	Прием пакетов данных от приложений «Кэширующий сервис» и «Сервис состояния рабочей станции», передача данных программе «Рабочее место оператора»
«Рабочее место оператора» (Client.exe)	Прием данных от программы «Диспетчер данных», получение архивной информации от программы «Сервер приложения», отображение видеокалтров
«Сервис состояния рабочей станции» (Work Station State Service.exe)	Приём данных от платы контроля устройства резервного питания УРП1, отсылка данных программам «Диспетчер данных» и «Сервис архивирования данных»
«Сервер приложения» (ServerEXE.exe)	Авторизация и аутентификация пользователей (проверка прав при выполнении операций с данным), предоставление данных для других программных модулей
«Панельный компьютер» (Panel computer.exe)	Конфигурирование (включение/отключение, задание параметров периферийных устройств), мониторинг и индикация состояний ППКП1 и охраняемых зон

### Функционирование системы

СПС1 контролирует пожарное состояние помещений и выполняет следующие информационные функции:

при обнаружении пожароопасной ситуации (которая определяется на основании данных, полученных от одного или нескольких пожарных извещателей, установленных в одной зоне) — оповещение оперативного персонала о нарушении нормальной эксплуатации (выдача на БЩУ сигнала «ВНИМАНИЕ»);

при обнаружении неисправностей и отказов — оповещение оперативного и дежурного персонала о возникновении нарушений (выдача предупредительного сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ» на БЩУ и рабочую станцию РС1-1).

При срабатывании, по крайней мере, двух безадресных ПИ, расположенных в одной зоне, или на основании данных, полученных от двух или более адресных ПИ, и/или при ручном инициировании адресного пожарного извещателя:

автоматически выявляет зону, в которой возник пожар; включает светодиоды адресных ПИ и /или пожарные оповещатели, расположенные в этом помещении (зоне);

выдаёт сигналы «ТРЕВОГА» на аварийное табло БЩУ и в пожарную часть;

выдаёт последовательность команд защитных действий,

предусмотренных для обнаруженного события (пожара); архивирует, отображает и регистрирует нарушения безопасной эксплуатации и команды защитных действий.

ППКП1 в дежурном режиме осуществляет непрерывный автоматический контроль, обнаружение и индикацию неисправностей собственных составных частей, периферийных устройств, шлейфов и линий связи (включая оптоволоконные линии связи с рабочими станциями), а также «зависаний» ПО. Предусмотрена возможность программного отключения и последующего включения отдельных адресных периферийных устройств. При обнаружении любой неисправности и/или отключении хотя бы одного из периферийных устройств, ППКП1 автоматически переходит из дежурного режима в режим предупреждения о неисправности и/или отключении (возвращение в дежурный режим производится автоматически после устранения всех неисправностей и восстановления полного проектного состава периферийных устройств). В случае нарушения условий безопасной эксплуатации (возникновения пожара) хотя бы в одной из зон, ППКП1, контролирующей эту зону, автоматически переходит в режим тревоги, сохраняя при этом возможность предупреждения о неисправности и отключении. В режиме тревоги ППКП1 формирует звуковой сигнал, который не совпадает с сигналом режима неисправности. Сигнал может быть отключен, но при

обнаружении нового нарушения он включится автоматически. Вывод ППКП1 из режима тревоги (возврат к предыдущему режиму) осуществляется вручную.

В каждом ППКП1 предусмотрены элементы световой и звуковой индикации и органы ручного вызова, назначение которых определено для каждого режима. Более полная информация о нарушении условий нормальной и безопасной эксплуатации, отключённых периферийных устройствах, характере и местах неисправностей и отказов отображается без дополнительных ручных операций в окнах «ВНИМАНИЕ», «НЕИСПРАВНОСТЬ», «ТРЕВОГА» панельного компьютера. Имеется возможность синхронизации «внутреннего» времени ППКП1 с сигналами точного времени.

В дежурном режиме ППКП1 контролирует наличие давления в баллонах МГП и положение выключателей «ДВЕРЬ» в каждом из защищаемых помещений, а при переходе в режим «ТРЕВОГА»:

включает пожарные оповещатели и световое табло «ГАЗ! УХОДИ!» в помещении, где обнаружен пожар, и световое табло «ГАЗ! НЕ ВХОДИ!» у двери этого помещения;

выдает сигналы на закрытие огнезадерживающих клапанов и отключение систем вентиляции защищаемого помещения;

через 30 с при положении переключателя «ДВЕРЬ» в состоянии «ЗАКРЫТО» выдаёт команду на электромагнитный пускатель МГП (при открытой двери система автоматически переходит в ручной режим управления газовым пожаротушением и включает соответствующий световой оповещатель; перевод системы в автоматический режим управления осуществляется дежурным персоналом с РС1 на БЩУ (РЩУ) или с ППКП1);

контролирует выход газа по появлению сигнала «ДАВЛЕНИЕ В ТРУБОПРОВОДЕ» и исчезновению сигнала «ДАВЛЕНИЕ В БАЛЛОНЕ».

Каждая из рабочих станций РС1 осуществляет:

приём сообщений о неисправностях оборудования, обнаружении пожароопасной ситуации или возникновении пожара от всех ППКП1 и от другой рабочей станции;

анализ принятых сообщений и оповещение оперативного персонала БЩУ о неисправностях и нарушениях нормальной и безопасной эксплуатации (выдача сигналов «НЕИСПРАВНОСТЬ», «ВНИМАНИЕ», «ТРЕВОГА»);

при возникновении пожара — выдачу сигнала «ТРЕВОГА» диспетчеру пожарной части, отображение на команду защитных действий и их результатов, включая работу аппаратуры автоматического пожаротушения;

выдачу на инструментальную рабочую станцию РС1-1 информации о неисправностях и отключениях периферийных устройств для оповещения дежурного персонала участка противопожарной автоматики;

ведение текущего (оперативного), суточного и долгосрочного (до 1 года) архивов событий и состояний, отображение и регистрацию данных о нарушениях, неисправностях и отключениях.

На лицевой панели каждого блока сигнализации БС5, установленного в шкафу РС1, индицируется наличие напряжений питания, состояние линий передачи сигналов «ТРЕВОГА», «ВНИМАНИЕ», «НЕИСПРАВНОСТЬ» (подключена или отключена), замыкание линии на корпус, открывание двери шкафа, срабатывание встроенного в шкаф пожарного извещателя. Инструментальная рабочая станция РС11 принимает от РС1, архивирует, отображает на видеомониторе и регистрирует текущие и ретроспективные данные о наличии основного электропитания, состоянии резервных источни-

ков питания, отключении и включении периферийных устройств, а также о местах возникновения и характере неисправностей и нарушений, вызвавших выдачу сигналов «НЕИСПРАВНОСТЬ», «ВНИМАНИЕ», «ТРЕВОГА».

## Технические параметры и характеристики

РС1 и РС1-1 рассчитаны на непрерывную круглосуточную работу при температуре от 18 до 27 °С и относительной влажности от 10 до 75 % (группа условий эксплуатации 2.2 согласно НП 306.5.02/3.035). Допускается кратковременное (не более 2 ч) повышение температуры до 35 °С и относительной влажности до 90 %. Допускаемая поглощенная доза ионизирующего излучения —  $4 \cdot 10^{-5}$  Гр за 30 суток. Для ППКП1 (группа условий эксплуатации 2.2) установлена рабочая температура от 15 до 30 °С при относительной влажности от 10 до 75 %, верхние значения предельной температуры — плюс 50 °С, относительной влажности — 90 %, продолжительности существования предельных условий — 2 ч, мощности поглощенной дозы —  $4 \cdot 10^{-6}$  Гр/ч, поглощенной дозы — 0,4 Гр за 10 лет. Применяемое периферийное оборудование имеет верхние значения рабочей температуры не ниже плюс 60 °С (МГП — до плюс 50 °С), относительной влажности — не менее 95 %; для группы условий эксплуатации 1.1 допускаемая мощность поглощенной дозы 1 Гр/ч, допускаемая поглощенная доза —  $9 \cdot 10^4$  Гр за 10 лет, для групп условий эксплуатации 1.2, 1.3 и 1.4, соответственно,  $3 \cdot 10^{-4}$  Гр/ч и 30 Гр за 10 лет. Эксплуатационно-автономные составные части СПС1 устойчивы к сейсмическим воздействиям, возможным при максимальном расчётном землетрясении (7 баллов) при высоте установки до 30 м (РС1) и до 70 м (ППКП1 и периферийное оборудование).

ППКП1 и РС1 получают энергию от двух независимых источников первичного электропитания, РС1-1 — от одного источника. Допускаемое изменение напряжения питания на каждом из вводов — от 187 до 242 В, частоты питающего тока — от 49 до 51 Гц, коэффициент гармоник питающего напряжения не должен превышать 10 %. Допускаются кратковременные снижения питающего напряжения до 50 % номинального значения (длительностью не более 0,2 с) и до 100 % (длительностью не более 0,1 с) и понижение частоты до 47 Гц (в течение 10 с). Потребляемая мощность ППКП1 (с подключёнными периферийными устройствами) — не более 80 Вт, РС1 — не более 1000 Вт, РС1-1 — не более 300 Вт. При исчезновении напряжения на обоих входах питание ППКП1 и РС1 обеспечивается встроенными в них резервными источниками в течение 24 ч в дежурном режиме и не менее 3 ч в режиме пожарной тревоги, питание системного блока и мониторов РС1 и РС11 обеспечивается устройствами бесперебойного питания в течение 30 мин.

Помехоустойчивость составных частей соответствует группе исполнения ПЗ согласно НП 306.5.02/3.035, что позволяет эксплуатировать их в помещениях с электромагнитной обстановкой средней жесткости [4]. Уровень радиопомех, создаваемых каждым эксплуатационно-автономным изделием, не превышает значений, установленных в ГОСТ 29216 [18] для оборудования класса А.

Для СПС1 регламентированы следующие временные характеристики:

время, необходимое для сканирования, опроса и/или обработки сигналов от пожарных извещателей, не приводит к задержке индикации обнаруженного события более чем на 10 с;

ППКП1 переходит в режим предупреждения о неисправности не позже, чем через 10 с после её возникновения; отключения отображаются не позже, чем через 2 с после выполнения соответствующей ручной операции;

после ручного сброса режима пожарной тревоги или режима предупреждения о неисправности ППКП1 переходит в дежурный режим не позже, чем через 20 с;

при обнаружении системной ошибки (сбоя в выполнении программы), ППКП1 переходит в безопасный режим работы (блокирует управляющие выходы) не позже, чем через 10 с;

переход любого ППКП1 в режим пожарной тревоги отображается на РС1 не позже, чем через 10 с после выявления пожароопасной ситуации, и не позже, чем через 20 с после обнаружении источника возгорания;

отказ основного и резервного источника питания, разряд аккумуляторной батареи, отказ зарядного устройства отображаются на РС1 и ППКП1 не позже, чем через 20 с.

Показатели надежности СПС1: коэффициент готовности — не менее 0,999, средняя наработка на отказ в дежурном режиме — не менее 50 000 ч, вероятность безотказной работы в режиме «ТРЕВОГА» — не менее 0,995, среднее время восстановления — не более 1 ч, средний полный срок службы СПС1 — не менее 30 лет (аккумуляторных батарей, пожарных извещателей и оповещателей — не менее 10 лет).

## Заключение

На украинских АЭС начата реконструкция систем автоматической пожарной сигнализации и управления установками автоматического пожаротушения на базе программно-технического комплекса СПС1, разработанного специалистами НПП «Радий» с использованием передовых информационных технологий и современных электронных компонентов, отличающихся высокой степенью интеграции, малым энергопотреблением и высокой надежностью. Разработка СПС1 проводилась с 2004 г. по инициативе НАЭК «Энергоатом». Проекты технических условий, материалы по верификации программного обеспечения, программа и методика приёмочных испытаний СПС1 прошли государственную экспертизу и согласованы НАЭК «Энергоатом» и Государственным комитетом ядерного регулирования Украины.

Головной (опытный) образец СПС1 изготовлен НПП «Радий» в 2005 г. По результатам сертификационных испытаний орган по сертификации СЕРТАТОМ, государственный центр сертификации МЧС Украины и Государственный испытательный сертификационный центр взрывозащищённого и рудничного электрооборудования выдали сертификаты соответствия СПС1 и периферийного оборудования требованиям НП 306.5.02/3.035, стандартов ДСТУ EN 54 и пунктов технических условий, которые отражают эти требования. Приемочная комиссия сочла возможным и целесообразным организацию производства СПС1 для применения на АЭС Украины. Первые поставочные комплекты, изготовленные НПП «Радий», успешно прошли заводские и приёмосдаточные испытания.

Поставочные комплекты СПС1 создаются проектным путём из широкого набора совместимых технических и программных компонентов, с учётом особенностей каждой системы и требований заказчика. В их составе поставляются необходимые периферийные устройства ведущих мировых производителей и кабели связи. На НПП «Радий» внедрена система управления качеством в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001 (подтверждено сертифи-

катом TUV CERT), которая постоянно поддерживается и совершенствуется. В рамках этой системы предусмотрена и реализуется система технических и организационных мер, обеспечивающих качество поставляемой продукции, которая охватывает компоновку, изготовление и испытания поставочных комплектов СПС1. Проекты реконструкции систем пожарной сигнализации для всех украинских АЭС по техническим заданиям заказчиков выполняет Харьковский институт «Энергопроект». При разработке проектов обеспечивается соблюдение действующих норм, правил и стандартов по ядерной, радиационной и пожарной безопасности, правил устройства электроустановок, требований ТУ и эксплуатационной документации СПС1 и периферийного оборудования. Все работы по реконструкции систем пожарной сигнализации в помещениях АЭС выполняются по согласованию с органами государственного регулирования ядерной безопасности и государственного пожарного надзора, в соответствии с программами обеспечения качества, разработанными организациями — участниками. Специалисты НПП «Радий» осуществляют авторский надзор за проведением монтажно-наладочных работ и испытаний СПС1, а также гарантийное обслуживание.

## Литература

1. Отраслевое техническое решение ГП НАЭК «Энергоатом» от 24.11.2003 № ТРМ.1234.05.059.03 «О концепции реконструкции систем автоматической пожарной сигнализации АЭС Украины с реакторами ВВЭР-1000».
2. НП 306.2.1062005. Вимоги до проведення модифікацій ядерних установок та порядку оцінки їх безпеки.
3. НП 306.1.02/1.03400. Загальні положення забезпечення безпеки атомних станцій.
4. НП 306.5.02/3.0352000. Вимоги з ядерної та радіаційної безпеки до інформаційних та керуючих систем, важливих для безпеки атомних станцій.
5. ПНАЭ Г500687. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций.
6. ТУ У 31.614312430055: 2005. Системы пожарной сигнализации СПС. Технические условия.
7. ТУ У 31.614312430056: 2005. Приборы приемно-контрольные пожарные ППКП. Технические условия.
8. НАПБ 03.005-2002 (ВБН В.1.1-034-03.307-2003). Защита от пожара. Противопожарные нормы проектирования атомных электростанций с водо-водяными энергетическими реакторами.
9. ДСТУ EN 54-2:2003. Системи пожежної сигналізації. Частина 2. Прилади приймально-контрольні пожежні.
10. ДСТУ EN 54-5:2003. Системи пожежної сигналізації. Частина 5. Сповісувачі пожежні теплові точкові.
11. ДСТУ EN 54-7:2004. Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Сповісувачі пожежні димові точкові розсіяного світла, пропущеного світла або іонізаційні.
12. ДСТУ EN 54-11:2004. Системи пожежної сигналізації. Частина 11. Сповісувачі пожежні ручні.
13. ДСТУ EN 54-13:2004. Системи пожежної сигналізації. Частина 13. Вимоги щодо систем та оцінювання сумісності.
14. Скофилд С. Новейшие мировые технологии обнаружения пожара на промышленных объектах // Системы безопасности. — 2005. — № 1.
15. Неплохов И.Г. Мировые тенденции развития адресно-аналоговых систем пожарной сигнализации // Системы безопасности. — 2006. — № 2.
16. ДСТУ EN 54-3:2004. Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповісувачі пожежні звукові.
17. НПБ 104-03. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях.
18. ГОСТ 2921691. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования информационной техники. Нормы и методы испытаний.