



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫМИ И ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ПРОИЗВОДСТВАМИ

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ПРОИЗВОДСТВАХ БОЕПРИПАСОВ И СПЕЦХИМИИ

О.Г. Тюрин (ЮРГПУ им. М.И. Платова), А.В. Куликов (РАН),

В.М. Шабалин (ФКП «Комбинат «Каменский»), Д.В. Безуглов (ООО фирма «Пластик Энтерпрайз»)

Представлена структурная схема системы управления промышленной безопасностью (СУПБ), реализованной на ФКП «Комбинат «Каменский». Подробно рассмотрены функциональные подсистемы СУПБ.

Ключевые слова: система управления промышленной безопасностью, производство боеприпасов и спецхимии, АСУТП, видеонаблюдение, экологический мониторинг, синхронизация времени, транспорт данных.

В период с 2008 г. на производствах боеприпасов и спецхимии произошло 126 аварий различных категорий, в результате которых пострадало 118 и погибло 26 сотрудников. Анализ показывает, что сложившийся уровень аварийности на современном производстве не может быть объяснен лишь недисциплинированностью, неорганизованностью и безответственностью сотрудников, а связан со сложившимся подходом к обеспечению безопасности — рутинными и шаблонными действиями, основанными на опыте работы предыдущих поколений. Для предотвращения аварий на предприятиях исторически принято руководствоваться только организационными документами и решениями, которые представляют собой набор эмпирических правил поведения персонала предприятий и содержат круг ограничений для его действий. Большая часть технических решений, которые первоначально были заложены в правила, регламентирующие порядок устройства сооружений и инженерной инфраструктуры, в настоящее время экономически и технически не достаточны, так как не подтверждают свою эффективность при авариях по защите персонала, оборудования и инженерной инфраструктуры [1]. В настоящее время вектор развития процессов спецхимии проходит под флагом повышения энергии топлив, и как следствие, использования в их составе взрывчатых материалов.

Для обеспечения безопасности предприятий спецхимии требуется их техническое перевооружение с использованием современных средств автоматизации. Данная установка послужила отправной точкой в создании системы управления промышленной безопасностью (СУПБ), по своим техническим возможностям позволяющей

развить известные решения этой проблемы на более высоком уровне, а также добавить ей новые функции.

Первая СУПБ, разработанная компанией «Пластик Энтерпрайз», была реализована на ФКП «Комбинат «Каменский». Она базируется на научно-обоснованных технических и организационно-управленческих решениях, основанных на принципе «предвидеть и предупреждать», и включает комплекс мер правового, организационного, технического, информационного характера, направленных на предупреждение и снижение риска аварий. Внедрение такой системы повысило оперативность принятия решений за счет качественного улучшения мониторинга состояния опасных объектов в реальном режиме времени, постоянного независимого контроля технологических режимов работы оборудования и действий персонала [2, 3].

Структура системы управления промышленной безопасностью

Система управления промышленной безопасностью представляет собой иерархический распределенный микропроцессорный комплекс аппаратно- и программно-совместимых технических средств,

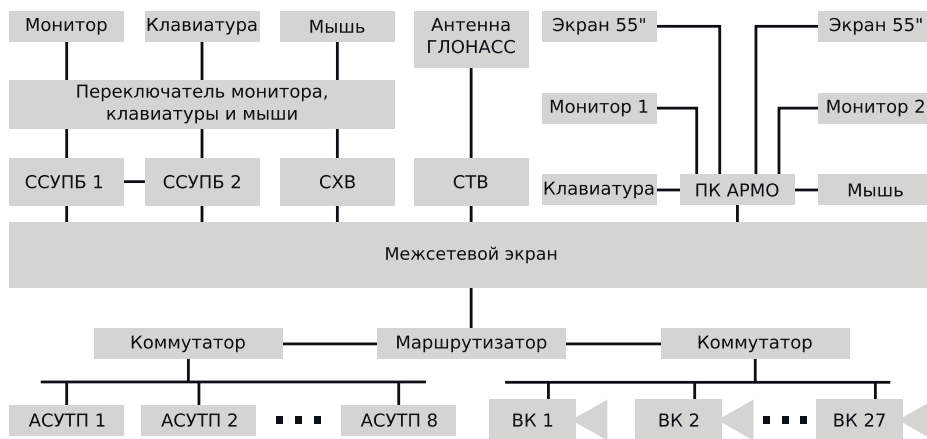


Рис. 1. Структурная схема комплекса технических средств

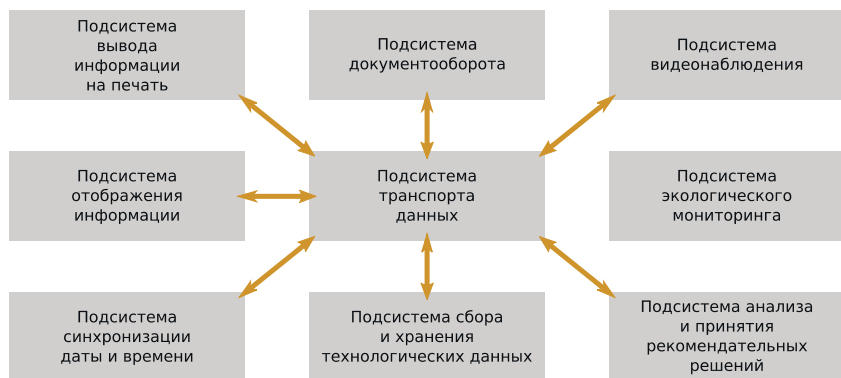


Рис. 2. Функциональная структура ПТК СУПБ

объединенных локальными вычислительными сетями. Структура комплекса технических средств (рис. 1) и представляет двухуровневую систему: верхний (компьютерный) и нижний (контроллерный) уровень смежных систем.

Основу верхнего уровня составляют основной и резервный серверы управления промышленной безопасностью (ССУПБ), сервер обработки и хранения видеоданных (СХВ), автоматизированные рабочие места операторов СУПБ (АРМО СУПБ) и экологического мониторинга (АРМ ЭМ). Для обеспечения автоматической синхронизации времени всех процессов и технологических событий используется сервер точного времени (СТВ) «Метроном-200».

В состав нижнего уровня входят смежные, реализованные ранее на этом предприятии АСУТП и система видеонаблюдения. АСУТП осуществляют управление технологическими аппаратами и механизмами, а система видеонаблюдения — визуальный контроль над действиями обслуживающего персонала и технологическим оборудованием цехов предприятия.

На уровне АСУТП используются серверы модели DL380 Gen9 с процессорами Xeon 6С, тактовой частотой 2,4 ГГц, оперативной памятью объемом 64 ГБ, памятью для хранения информации на жестких дисках с RAID 6 объемом 7,2 ТБ и сетевой картой, поддерживающей каналы передачи данных до 1 Гбит/с. Серверы работают под управлением ОС Microsoft Windows Server 2008. На каждом из них установлен пакет WinCC, выполняющий контроль за отклонением технологических параметров от нормы, регистрацию аварийных ситуаций, а также идентификацию и аутентификацию управляющего персонала. Для расширения возможностей системы было принято решение использовать дополнительную систему управления базами данных (СУПБ) PostgreSQL. Синхронизацию баз данных основного и резервного серверов обеспечивает дополнительный пакет WinCC Redundancy, который позволяет настроить их работу

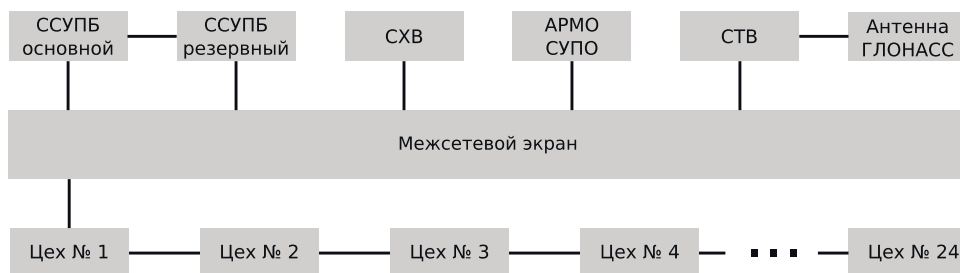


Рис. 3. Структура подсистемы транспорта данных

путем несложного конфигурирования.

Сервер обработки и хранения видеоданных оснащен 8-ядерным процессором с тактовой частотой 2,2 ГГц, оперативной памятью 32 ГБ, памятью для хранения информации на жестких дисках с RAID 6 объемом 40 ТБ и сетевой картой с поддержкой канала передачи данных до 1 Гбит/с. Для получения видеoinформации, преобразования формата потоковых видеоданных, а также архивирования, хранения и организации доступа к базе использована программа «Линия-IP».

АРМО СУПБ и АРМ ЭМ реализованы на базе ПК с двухядерным процессором с тактовой частотой 3,3 ГГц. Объем оперативной памяти 4 ГБ, а жесткого диска — 500 ГБ. АРМы оборудованы двумя мониторами DELL с диагональю экрана 24 дюйма, а в состав АРМО СУПБ дополнительно введено две 55 дюймовых панели. На рабочую станцию оператора СУПБ устанавливается пакет программ WinCC Client, а на АРМ ЭМ — VipNet, обеспечивающий защищенный канал связи через Internet для сдачи отчетов в органы контроля экологического состояния.

Функциональные модули системы управления промышленной безопасностью

Технические и программные средства ПТК СУПБ обеспечивают сбор, обработку и хранение информации о технологических параметрах производственного процесса и объектов камер видеонаблюдения. Решение данных задач обеспечивается целым комплексом подсистем, функциональная структура которых приведена на рис. 2.

Подсистема транспорта данных

Для передачи данных на серверы хранения предусмотрена подсистема транспорта данных, упрощенная структура которой приведена на рис. 3. Она объединяет программно-технические средства АСУТП восьми цехов, 27 видеокамер с применением технологии сетевой пакетной передачи данных Ethernet 100BASE-TX, 1000BASE-TX, 100BASE-FX и 1000BASE-LX. В качестве базового использован протокол сетевого взаимодействия TCP/IP.

Деление сети на сегменты с различным уровнем доступа обеспечивает межсетевой экран — аппаратно-программный комплекс шифрования (АПКШ)

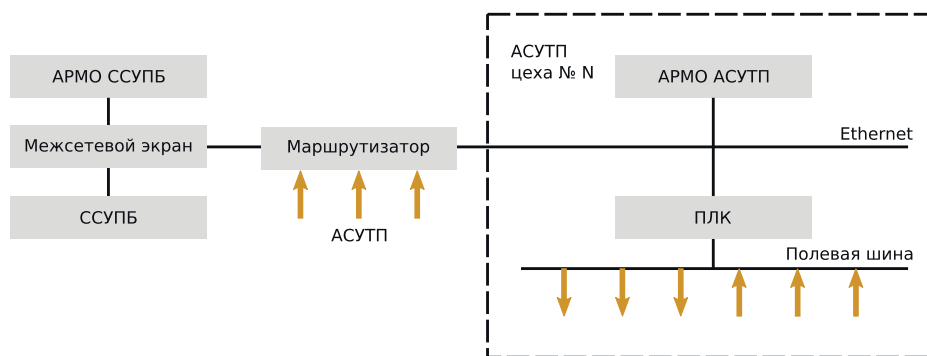


Рис. 4. Подсистема сбора технологических данных

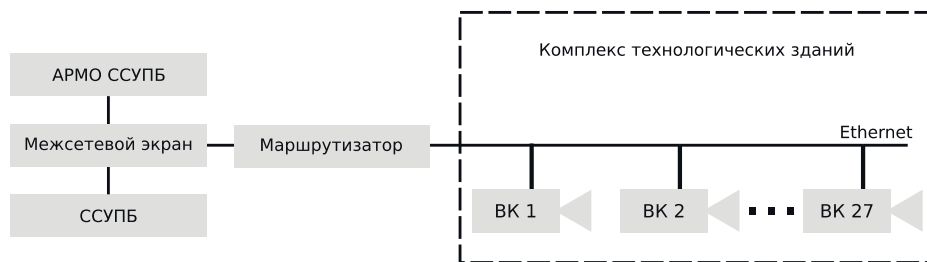


Рис. 5. Подсистема сбора видео данных

«Континент 3.7». Защита от проникновения со стороны сетей общего пользования обеспечивается фильтрацией принимаемых и передаваемых пакетов по различным критериям (адресам отправителя и получателя, протоколам, номерам портов, дополнительным полям пакетов и т.д.). Кроме того, АПКШ обеспечивает балансирование нагрузки между каналами связи и маршрутизацию трафика по протоколам динамической/статической маршрутизации.

Подсистема сбора технологических данных

Подсистемы сбора технологических данных (рис. 4) осуществляет тесное взаимодействие с АСУТП, реализованными на предприятии. Программные и технические средства АСУТП сконструированы по принципу трехуровневой иерархической структуры, включающей нижний (полевой), контроллерный и компьютерный уровни [4]. Полевой уровень состоит из датчиков и исполнительных механизмов, объединенных с применением полевой шины. Это создает возможность гибкого обмена информацией

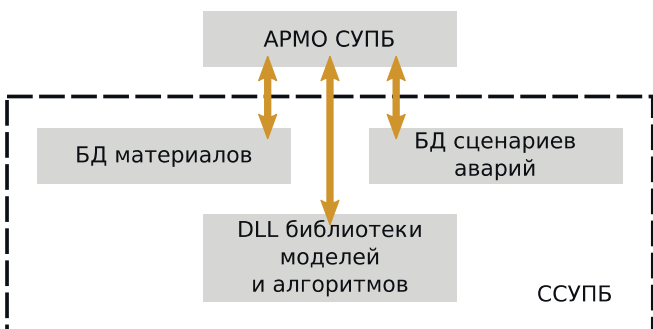


Рис. 6. Структура информационно аналитической подсистемы

между элементами системы и повышает надежность. Контроллерный уровень, как правило, построен на программно-технической платформе фирмы Siemens с использованием программируемых контроллеров семейства S7-400, S7-300 и выполняет функции обработки технологической информации и управления исполнительными механизмами с учетом заданных оператором значений параметров. ПЛК реализует сбор принимаемой информации, формирование массива данных для отображения результатов мониторинга, автоматическое регулирование параметров технологического процесса в штатном режиме пуска и при аварийных ситуациях, технологические и аварийные блокировки оборудования во всех режимах работы. Собранные и обработанные

данные передаются по каналам связи на местный сервер хранения технологической информации. Управляющие контроллерные программы разработаны с применением инструментальной системы Simatic Step 7, поддерживающей язык программирования по стандарту МЭК 61131-3. Компьютерный уровень реализован на IBM PC компьютерах промышленного исполнения и выполняет функции отображения, архивирования параметров технологического процесса и ведения информационной базы данных. В него входят АРМ оператора АСУТП, информационное табло-мнемосхема и резервированный сервер. Прикладное программное обеспечение компьютерного уровня — SCADA-система WinCC обеспечивает широкие возможности визуализации для построения операторских интерфейсов, архивирование технологических параметров, регистрации событий и генерацию отчетов. Установленная на ССУПБ программа PostgreSQL взаимодействует со SCADA — системой, которая получает данные о ходе технологического процесса по протоколу OPC.

Подсистема видеонаблюдения

В подсистеме видеонаблюдения (рис. 5) предусмотрен контроль за 24 зданиями с помощью расположенных в них видеокамер. Поточковый сигнал с выхода видеокамер (ВК) поступает непосредственно в сеть Ethernet. Данные видеонаблюдения в цифровом формате постоянно передаются через центральный маршрутизатор системы на СХВ, где используется ПО «Линия-IP», обеспечивающее работу сервера. Установленный на АРМО СУПБ пакет WinCC организует взаимодействие оператора с про-

граммой «Линия-IP», подключенной с помощью ActiveX к службе «Видеонаблюдение». При этом на АРМе оператора не только воспроизводятся все принятые видеосигналы, но и предоставляется возможность настройки и администрирования сервера. В процессе настройки определяются методы сжатия и архивирования данных на жестких дисках, которые в целях увеличения надежности организованы в RAID 6, что позволяет в случае одновременного выхода из строя даже двух жестких дисков полностью восстановить их содержимое.

Информационно аналитическая система

Важное место в ПТК СУПБ занимает информационно аналитическая система (ИАС), базирующаяся на комплексе математических моделей и алгоритмов решения типовых задач анализа безопасности производств, алгоритмах оценки риска для типовых сценариев, масштабов и последствий аварий. Упрощенная структура ИАС приведена на рис. 6. Она включает базу данных веществ, материалов, участвующих в технологических процессах производства боеприпасов и спецхимии, их характеристик надежности и безопасности, динамическую библиотеку комплекса математических моделей, вычислительных алгоритмов анализа и оценки риска опасности производств. При превышении допустимого значения одного из контролируемых параметров из базы данных автоматически запрашивается информация по материалам и продукции, участвующих в данном процессе. Эта информация передается в модули анализа опасности и расчета риска. Результаты расчета поступают в базу данных сценариев аварий, где осуществляется их обработка и выбор наилучшего. Эта информация отображается на мониторе оператора вместе с рекомендациями по предотвращению и ликвидации последствий.

Подсистема синхронизации времени

Для работы в режиме реального времени и синхронизации всех процессов в ПТК СУПБ предусмотрена подсистема синхронизации времени за счет связи со средствами навигации ГЛОНАСС или GPS (рис. 7). Для связи с ГЛОНАСС используется сервер точного времени (СТВ) «Метроном-200», который имеет приемник ГЛОНАСС/GPS, управляющий компьютер, источник питания и антенну. Антенна осуществляет прием сигналов спутниковой системы. Для определения местоположения и расчета точного времени с учетом эффекта Доплера необходимо определить не менее четырех рабочих спутников. Приемник

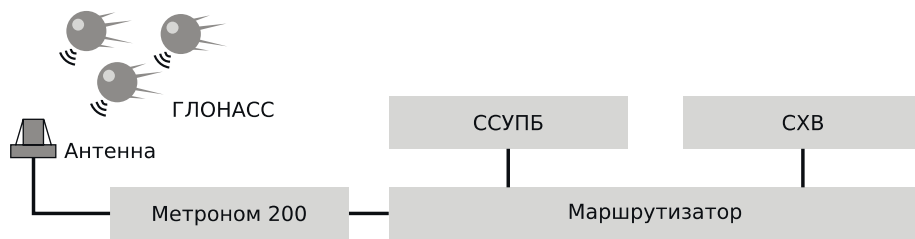


Рис. 7. Структура подсистемы синхронизации времени

сервера синхронизирует частоту эталонного кварцевого генератора, который обеспечивает абсолютную суточную нестабильность не хуже $\pm 1 \cdot 10^{-11}$ Гц. Управляющий компьютер, работающий под управлением ОС LINUX, запускает программу «NTP демон», которая синхронизирует с помощью фазовой автоматической подстройки частоты свои внутренние часы с опорным генератором и формирует на специальном выходе СТВ собственную шкалу времени — последовательность секундных импульсов, синхронизированных метками шкалы времени UTC. Эти сигналы с помощью протокола NTP передаются на все элементы сети. В процессе синхронизации времени каждый ПК, сервер или другое специальное устройство многократно обращается к СТВ для получения достоверной статистики задержки передачи пакета в сети. Для повышения надежности СТВ предусмотрена возможность его резервирования. Резервный сервер может подключаться к основному и обеспечивать поддержание механизма автоматического включения источника питания.

Подсистема отображения данных

Для отображения информации на АРМО СУПБ разработана подсистема отображения данных (рис. 8). На рабочем месте оператора установлены два 55" экрана для просмотра мнемосхем и два монитора. Программа «Линия-IP» обеспечивает сбор видеоданных, их отображение и архивирование на жестких дисках СХВ. Возможность вести наблюдение в реальном масштабе времени и просматривать содержание архивов предоставляется не только оператору, но и при необходимости нескольким клиентам, число которых можно менять. Программа имеет четыре уровня доступа, причем каждый уровень предполагает наличие определенных прав на его использование. В архиве СХВ данные хранятся в формате H.264. Для просмотра фрагмента архива выбранной камеры на заданном интервале времени данные подвергаются преобразованию в AVI-контейнер — формат, доступный



Рис. 8. Структура подсистемы отображения данных

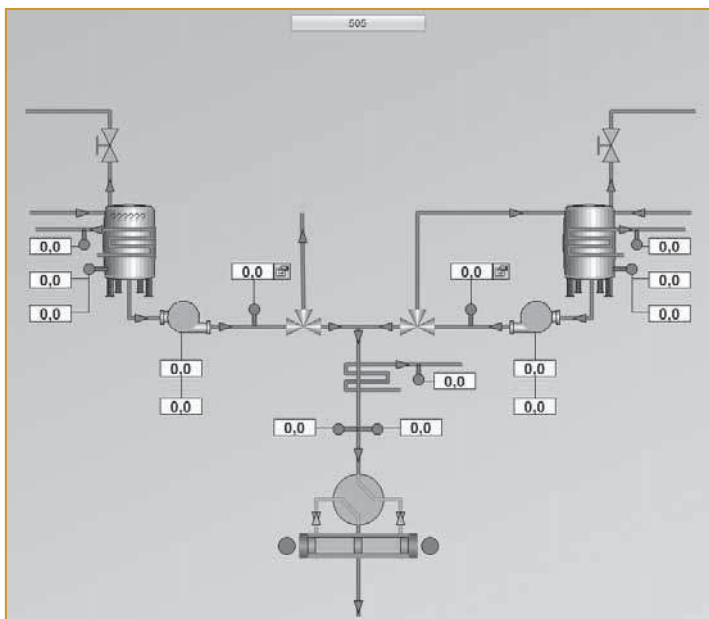


Рис. 9. Экранная форма «Здание 505»

обычному проигрывателю. Действия всех пользователей и вносимые изменения настроек в систему видеонаблюдения постоянно отслеживаются программой и фиксируются в электронном журнале.

Данные о ходе ТП с нескольких АСУТП постоянно поступают, обрабатываются и отображаются на мониторах АРМО СУПБ с помощью экранных форм, разработанных в графической среде Graphics Designer. Для примера на рис. 9 приведена экранная форма «Здание 505», отражающая процесс дозирования жидко-вязких взрыво- и пожароопасных материалов. Экранная форма содержит условное изображение технологического оборудования и основных соединяющих трубопроводов, значения всех контролируемых параметров, сигнализацию выхода их значений за допустимые пределы, а также информацию о состоянии клапанов, насосов и двигателей. Индикаторы расположены вблизи тех точек на мнемосхеме, в которых происходит измерение. В случае выхода технологического параметра за диапазон критических значений на втором мониторе оператору немедленно высвечивается схема технологического устройства, перечень сценариев возможных при данном технологическом отклонении, а также последовательность действий по предотвращению или снижению негативных последствий аварии. Для отображения экранных форм на мониторе оператора необходимо иметь соответствующий ключ RuToken для идентификации пользователя, а также произвести регистрацию в системе — ввести имя и пароль, причем введенная

информация должна соответствовать данным из списка учетных записей, сформированных ранее разработчиком или системным программистом. Без регистрации работа с АРМ СУПБ оператора невозможна.

Подсистема экологического мониторинга

Для предотвращения экологических катастроф и снижения риска поражения как обслуживающего персонала, так и местного населения, проживающего вблизи территории предприятия, система промышленной безопасности предусматривает подсистему экологического мониторинга (ЭМ), АРМ ЭМ которого реализовано на отдельном компьютере с выходом в сеть Internet и изолировано от других ЛВС ФКП «Комбинат «Каменский». Подсистема ЭМ обеспечивает мониторинг состояния технологии очистки сточных вод и промышленных выбросов, а также оборудования и технологии обезвреживания и уничтожения отходов. Информация, касающаяся воздействия предприятия на окружающую среду, собирается от подразделений предприятия и центральной заводской лаборатории. Данные инвентаризации по всем средам заносятся в специальные формы, предоставляемые системой электронного документооборота. Заполненные формы передаются специалисту по экологическому мониторингу. Часть форм может заполняться экологом вручную (в терминах системы такие документы называют первичными). Остальные документы создаются автоматически на основании первичных документов (вторичные документы). При этом после того, как вторичный документ был сформирован программой, пользователь может вносить в него изменения так же, как и в любой первичный документ.

Подсистема документооборота

Для обеспечения нормального функционирования системы экологического мониторинга создана подсистема документооборота, которая обеспечивает доступ к нормативной базе природоохранного законодательства. В системе предусмотрена возможность самостоятельного создания документов в редакторе либо на основе подготовленных шаблонов, учета документов, регистрации входящей и исходящей кор-

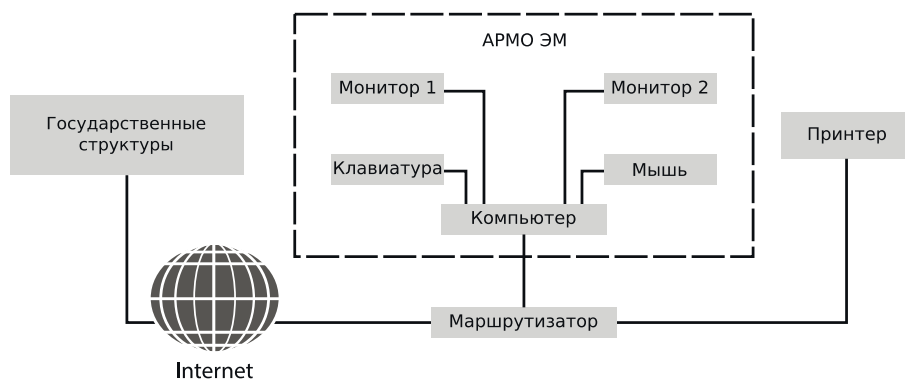


Рис. 10. Структура подсистемы документооборота

респонденции, формирования рабочих папок пользователей, движения документов, ввода резолюций и замечаний, поиска документов по параметрам и их архивирование, распределения прав доступа к подсистеме. Система позволяет получить информацию с использованием сети Internet о наиболее современных технологиях в области экологической безопасности в условиях ФКП «Комбинат «Каменский», таких как технология очистки сточных вод и промышленных выбросов, технология обезвреживания отходов.

Схема подсистемы документооборота представлена на рис. 10. Руководящие и нормативно-технические документы, разрабатываемые государственными структурами РФ, переводятся в электронный формат и в таком виде попадают на удаленный сервер документооборота. Для каждого учетного документа формируется регистрационно-контрольная карточка, в которую заносятся сведения о документе. Система может регистрировать как созданные непосредственно в ней документы, так и импортированные извне. Механизм движения документов обеспечивает их обработку и передачу между пользователями системы. Маршрутизация движения документа может быть жестко заданной или определяться пользователем. Путь прохождения документа с момента передачи его руководителю на первичное рассмотрение до списания в дело фиксируется в зоне исполнителей регистрационной карточки. По завершении работы над документом он списывается в дело и либо передается на архивное хранение, либо уничтожается в соответствии с правилами архивного хранения, принятыми на предприятии. В автоматизированной системе списание документа в архив осуществляется путем занесения в регистрационную карточку соответствующей записи.

Пополнение и обновление базы нормативных документов АРМ ЭМ производиться по заранее разработанному графику обслуживающим персоналом. Вся входящая и выходящая информация имеет два уровня защиты — программный и аппаратный. Программный обеспечивается VIPNet. Данное ПО сертифицировано ФСБ и ФСТЭК России по требованиям к средствам защиты информации и рекомендовано к использованию на промышленных предприятиях. Аппаратный уровень обеспечивается маршрутизатором со встроенным Firewall, который гарантирует надежную защиту от постороннего доступа к каналам связи.

Тюрин Олег Георгиевич — д-р техн. наук, профессор кафедры МиГПА ЭМФ ЮРГПУ(НПИ) им. М. И. Платова, директор-главный конструктор ООО фирма «Пластик Энтерпрайз»,

Куликов Александр Вениаминович — канд. техн. наук, заместитель директора по научной разработке МЦАИ РАН,

*Шабалин Владимир Михайлович — зам. главного инженера ФКП «Комбинат «Каменский»,
Безуглов Дмитрий Валерьевич — начальник сектора разработки и анализа IT-решений для автоматизации ООО фирма «Пластик Энтерпрайз».*

Контактный телефон (8635) 24-41-50.

E-mail: plastic@plasticenterprise.ru

Заключение

Таким образом, разработанный программно-технический комплекс промышленной безопасности позволил создать эффективную систему предупреждения, локализации и ликвидации последствий аварий. Внедрение данного комплекса обеспечило дистанционный контроль состояния технологических установок на пожаро- и взрывоопасных объектах и параметров технологического процесса в реальном масштабе времени с идентификацией уровня потенциальной опасности. В процессе эксплуатации комплекса на серверах сети создается уникальная база данных опасных технологических блоков, что дает возможность в будущем обобщить эти данные и получить уточненную аналитику, связывающую совокупность значений технологических параметров и качественную, и безопасную технологическую ситуацию в ее развитии, а следовательно, предупредить возникновение аварийных ситуаций на ранних этапах.

На данный момент система эксплуатируется на объекте уже 3 года. За этот период на производстве не зафиксировано аварий и серьезных нештатных ситуаций. Система позволяет оперативно проводить расследование различных ситуаций из диспетчерского пункта без лишних перемещений по разным участкам производства. Производственники оценили возможность сбора и просмотра всей информации по объекту, включая видеоматериалы, из одного места. От заказчика поступило предложение о дальнейшем расширении системы на другие участки производства и о включении в нее транспортно-логистической информации.

Список литературы

1. Куликов А.В. О новой концепции системы управления промышленной безопасностью производств предприятий боеприпасов и спецхимии // Боеприпасы и спецхимия. 2015. №2. С.118-124.
2. Швецова-Шиловская Т.Н., Куликов А.В. и др. Система управления промышленной безопасностью на предприятиях спецхимии по производству боеприпасов//Боеприпасы. 2015. № 1. С. 25-33.
3. Денисов А.В., Куликов А.В., Тюрин О.Г., Швецова-Шиловская Т.Н. и др. Сб. тр. НПК «Промбезопасность-2014». Красноармейск: ФКП «НИИ «Геодезия». 2014. С. 218-228.
4. Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Жегров Е.Ф. Управление потенциально опасными технологиями. М.: Инфра-Инженерия. 2011. 288 с.