

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Бессараб В.И., Федюн Р.В., Курносов Г.В.

Донецкий национальный технический университет,
факультет компьютерных информационных технологий и автоматики
bvi@fcita.dn.ua, frv@ukrtop.com

Bessarab V.I., Fedyun R.V., Kurnosov G.V. Applying modern telecommunication technologies in systems of complex automation coal mines. The questions constructing the complex system of a computer-assisted control by coal mine are reviewed. The analysis of features coal mine as plant of automation is executed. The many-level system complex automation of mine is proposed. Applying specialized telecommunication networks for realization of designed system is justified. The telecommunication system Profibus is proposed as a basic process .

Общая постановка проблемы. Ограниченность запасов нефти и газа в Украине при одновременном увеличении стоимости импортного сырья и возрастании потребления энергии определяют необходимость развития угольной промышленности, основной производственной единицей которой является шахта. Угольная шахта – уникальная сложная производственная система с особо опасными условиями (взрывоопасная, пожароопасная, опасная по прорывам воды и выбросам газа, гидродинамическим явлениям и др.), где существуют не только нередвиденные и исключительные изменения горно-геологических условий и естественных сил, но и невыполнение правил безопасности или неверное действие одного рабочего может привести к катастрофическим последствиям – многочисленным человеческим жертвам и огромным материальным потерям. Это подтверждается аварийными ситуациями, которые регулярно возникают в угольной отрасли Украины. На шахтах Украины условия добычи угля наиболее опасные в сравнении со всеми угледобывающими странами мира.

Современная угольная шахта представляет собой сложный объект автоматизации, который характеризуется распределенностью в пространстве, многомерностью, многосвязностью, наличием большого количества различных технологических процессов и оборудования, кроме того, на работу подземной части шахты оказывает большое влияние наличие газа, пыли, обводненность, меняющиеся случайным образом горно-геологические условия [1]. Для повышения безопасности ведения горных работ и увеличения эффективности добычи угля применяют системы автоматизации различного назначения. В настоящее время на угольных шахтах Украины применяют локальные системы автоматизации отдельных технологических процессов и оборудования: САУ водоотлива, САУ подъема, САУ конвейерного транспорта, САУ вентиляторной установкой и т.д.[2]. Такие системы решают задачи управления на самом нижнем уровне предприятия и не учитывают взаимосвязи между различными технологическими процессами шахты, а также не позволяют решить вопросы обеспечения безопасности в масштабах всей шахты и достижения максимальной эффективности производства.

Системы автоматического управления такими сложными объектами могут быть одноуровневыми централизованными, одноуровневыми децентрализованными или многоуровневыми. В настоящее время для получения максимальной эффективности управле-

ния объектами такого класса применяются многоуровневые системы автоматического управления, основанные на применении современных цифровых технологий. Использование многоуровневых систем управления позволяет наиболее полно учесть взаимосвязанность технологических процессов, их многомерность, распределенность, а также максимально компенсировать влияние внешних и внутренних возмущающих воздействий. Поэтому, необходимо разработать принципы комплексной автоматизации управления угольной шахтой с использованием многоуровневого подхода и современных телекоммуникационных технологий.

Постановка задач исследования. Для построения комплексной системы автоматизированного управления угольной шахтой необходимо решить следующие основные задачи:

- выполнить анализ производственного цикла горнодобывающего предприятия как объекта автоматизированного управления;
- определить наиболее оптимальное количество уровней производственных процессов угольной шахты;
- определить с точки зрения иерархии системы управления задачи, решаемые на каждом уровне управления;
- разработать структуру комплексной системы управления угольной шахтой;
- обосновать выбор комплекса технических средств и телекоммуникационных технологий для реализации предложенной системы.

Решение задач и результаты исследований. Структурно шахту (рис. 1) можно разделить на поверхностную и подземную части. На организацию работы шахты, а значит и на комплексную систему автоматизации оказывает влияние принятая система разработки. Наибольшее распространение получили столбовая, сплошная и комбинированная системы разработки. Наиболее сложной, с точки зрения автоматизации, является сплошная система разработки, так как при такой системе осуществляется одновременно подготовка (проходка штреков) так и добыча угля в очистном забое.

Все технологические процессы шахты, как и любого промышленного предприятия, делят на основные и вспомогательные. Основной технологический процесс угольной шахты – выемка угля в очистном забое 1 (рис. 1). К вспомогательным процессам относятся все обеспечивающие добычу угля процессы – подготовительные работы 2, транспорт 3, подъем 4, водоотлив 6, проветривание, поверхностный комплекс. В свою очередь каждый технологический процесс представляет собой сложную систему, состоящую из взаимодействующего между собой технологического оборудования.

Выемка угля в очистном забое 1 осуществляется механизированным комплексом, который состоит из добычного комбайна, скребкового конвейера, механизированной крепи, а также вспомогательного оборудования. Основная задача данного технологического процесса – обеспечение максимальной производительности технологического комплекса при заданной себестоимости угля. На работу данного участка оказывают влияние условия внешней среды (горно-геологические нарушения, запыленность, газообильность) и другие участки шахты (подготовительные работы, транспорт, подъем, вентиляция, дегазация).

Участок подготовительных работ 2 обеспечивает подготовку новых выемочных полей. Проходка штреков, как правило, осуществляется при помощи проходческих комбайнов. Основная задача – обеспечение заданного уровня проходки подготовительных выработок при минимальных затратах.

Система транспорта 3 обеспечивает транспортировку полезного ископаемого от очистного забоя до околоствольного двора. Система транспорта состоит из ленточных и скребковых конвейеров, бункеров. Основная особенность данного участка – большая распределенность элементов технологического процесса в пространстве. Основная задача – обеспечение максимальной пропускной способности при минимальных затратах на процесс транспортирования.

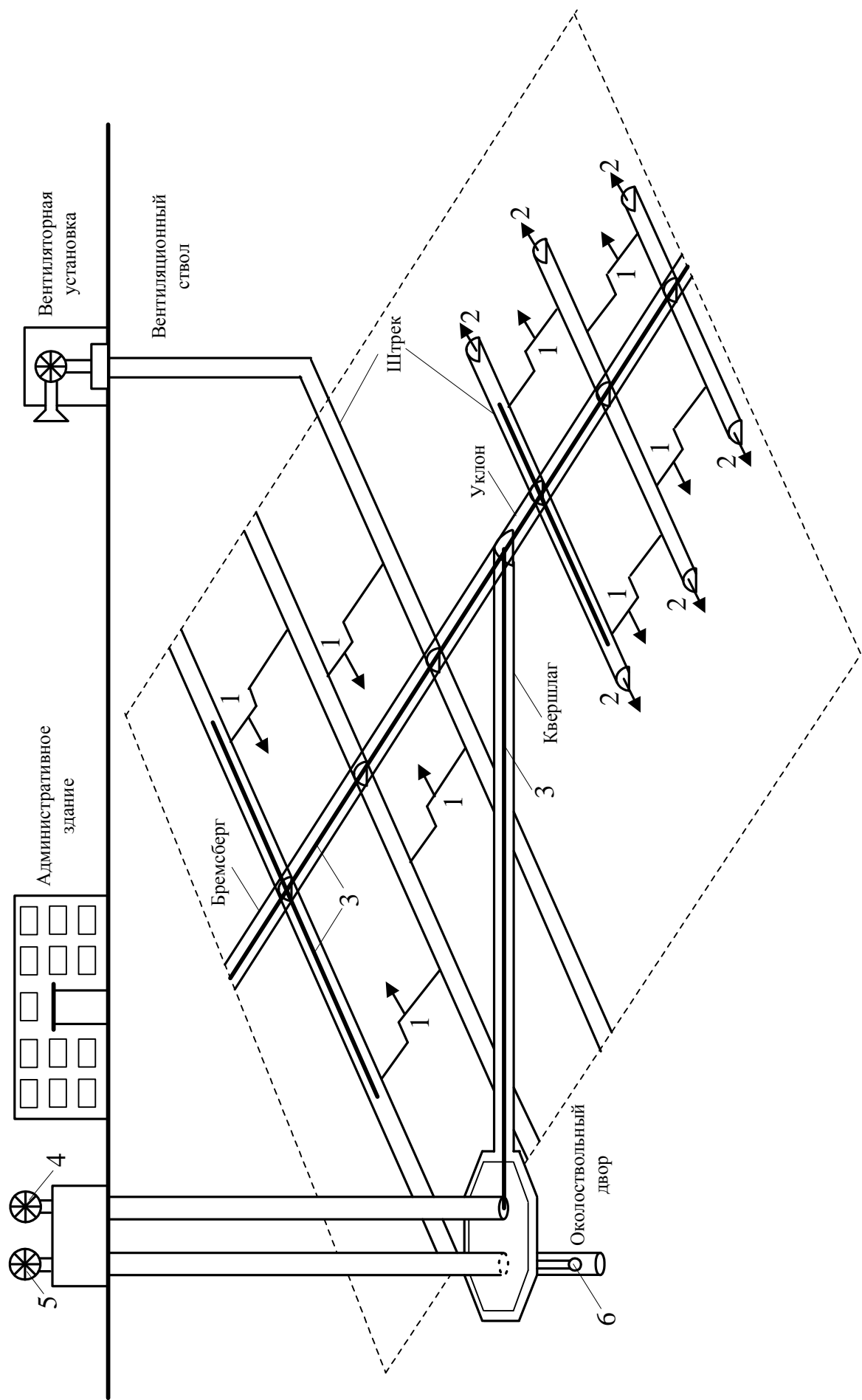


Рисунок 1. Обобщенная схема технологических элементов угольной шахты

Современное горное предприятие, представляющее совокупность сложных технических средств ведения производственных процессов и людей, управляющих этими процессами в стохастически изменяющихся условиях окружающей среды, может быть определено как большая, или сложная система. При проектировании комплексной системы автоматизации угольной шахты особенность необходимо учитывать в полной мере.

К важным признакам большой системы относится эмерджентность, т. е. наличие в ней свойств, специфических только для системы, а не для ее элементов. Более того, эти свойства большой системы не могут быть определены из известных свойств ее элементов. Примером эмерджентности может служить то, что производственные возможности коллектива участка шахты не сводятся к сумме индивидуальной работоспособности его членов. Знание характеристик проветривания каких-либо одних выработок не позволяет устанавливать закономерности системы проветривания предприятия в целом.

К составным частям большой системы наряду с машинами, материальными ресурсами, системами сбора, передачи и обработки информации относятся люди, как непосредственно занятые в производственном процессе, так и управляющие этими процессами, т. е. облеченные надлежащими правами и ответственностью для принятия решений. Следовательно, очень высокое значение имеет такая характеристика большой системы, как разнообразие, т. е. значительная неопределенность ее поведения.

Горные предприятия из-за постоянно меняющихся условий внешней среды, сложности контроля за правильностью действия персонала, наличия глубоких взаимосвязей между элементами системы обладают очень высоким разнообразием. Последнее в значительной степени усложняет процесс управления шахтой. Задача любого управления состоит в уменьшении разнообразия управляемой системы и в идеальном случае - в сведении многих ее составляющих, возможных как результат влияния внешней среды, действия людей и взаимодействия технических средств, к подмножеству, включающему лишь состояния, оптимальные по отношению к цели управления.

Для эффективного управления большой системой комплексная система автоматизации угольной шахты должна иметь значительное собственное разнообразие. Это условие достигается структуризацией управляющей системы, что применительно к любому промышленному предприятию означает формирование взаимодействующих достаточно самостоятельных структурных подразделений (подсистем управления), образующих иерархию управления. Однако для горных предприятий типична несводимость их структуры к какой-либо одной иерархии.

Например, наличие на шахте различных подсистем управления как по объему и характеру выполняемых ими функций, так и по области воздействия приводит к одновременному формированию и функционированию различных иерархических подсистем. Структура управления шахтой включает участки и цехи, являющиеся административно -- производственными элементами управления и структурные подразделения типа службы, отдела, группы, представляющие собой функциональные подразделения. Иерархичность можно определить и в технологическом процессе добычи полезного ископаемого и выделить отдельные взаимосвязанные объекты управления.

Чтобы обеспечить заданный критерий качества управления сложной системой, САУ угольной шахты должна эффективно решать три основные задачи: сбор и передача информации об объектах, переработка информации и выдача управляющих воздействий на объект. При наличии больших информационных потоков в многоуровневой информационной структуре шахты и при сложных алгоритмах переработки информации обеспечить заданный критерий качества управления можно только на основе использования комплексной системы автоматического управления и контроля.

На современных горных предприятиях используют два основных типа систем автоматизации: систему организационно-экономического или административного управления (АСУП) и систему управления технологическими процессами (АСУ ТП). Эти системы

принципиально отличаются в основном характером объекта управления. В АСУП объект управления - это шахта в целом и ее отдельные структурные подразделения, т. е. коллективы людей, а в АСУ ТП — производственный процесс, комплекс машин, устройств. Кроме того, в АСУ ТП информация передается в виде сигналов различной природы (электрическими, световыми, гидравлическими и др.), а в АСУП в качестве основного носителя информации действуют сообщения (документы).

Однако в большой сложной системе, к которой относится шахта, в настоящее время имеется прогрессирующая тенденция слияния АСУП и АСУ ТП в единую комплексную автоматизированную систему управления (КАСУ). Это обусловлено тем, что управляющая функция для АСУ ТП может вырабатываться на основе сообщений АСУП, а информация для АСУП может формироваться по результатам функционирования АСУ ТП.

Вышеизложенный анализ особенностей угольной шахты позволяет определить целесообразность деления КАСУ на четыре уровня: уровень шахты, уровень участка, уровень процесса, уровень технологического оборудования. Структурная схема КАСУ угольной шахтой представлена на рис. 2.

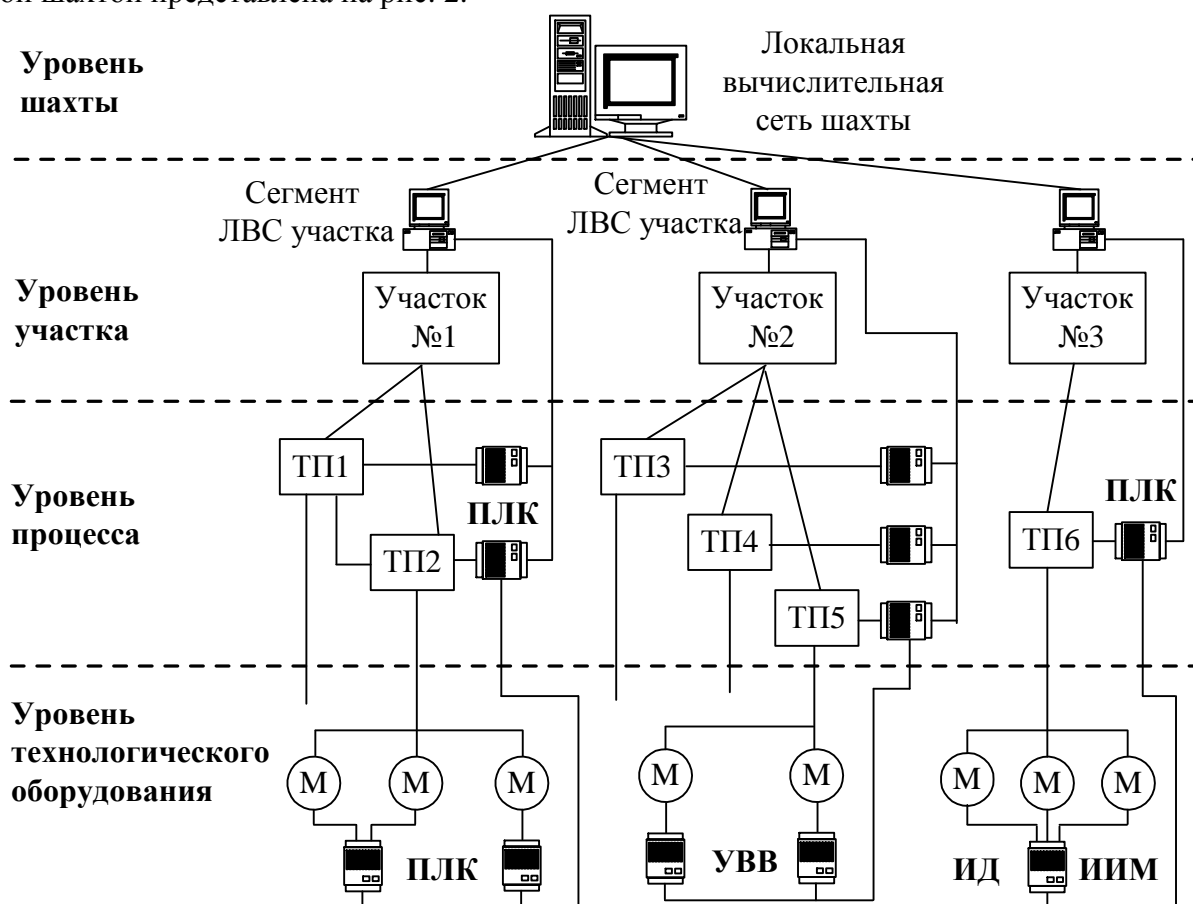


Рисунок 2 – Структура комплексной автоматизированной системы управления шахтой. ТП – технологический процесс; М – машины, комплексы, агрегаты; ПЛК – программируемый логический контроллер; УВВ – устройство ввода/вывода; ИД – интеллектуальный датчик; ИИМ - интеллектуальный исполнительный механизм.

Интегрированность АСУ ТП и АСУП в управлении большой системы проявляется и во взаимосвязи вычислительных устройств различного уровня. Так, все программируемые логические контроллеры уровня процесса связаны с соответствующим сегментом ЛВС уровня шахты, которая одновременно используется как машина более высокого уровня по отношению к технологическому процессу и как машина, решающая общие задачи АСУ ТП и АСУП.

При построении систем управления распределенными объектами используются два подхода. Классический подход к автоматизации сложных распределенных объектов предусматривает подключение каждого датчика к центральному контроллеру отдельным (и довольно дорогим) высококачественным кабелем. Это же относится и к подключению исполнительных органов. Альтернативой описанному подходу, являются системы автоматического управления, построенные с использованием промышленных шин - fieldbus. К наиболее известным и применяемым в мире открытым промышленным сетям относятся: CAN, LON, Profibus, Interbus-S, FIP, ControlNet, Foundation Fieldbus, DeviceNET, ASI, HART, MicroLAN, и некоторые другие [3, 5]. Каждая из перечисленных систем имеет свои особенности, достоинства и предназначена для применения на определенном уровне предприятия, что изображено на рисунке 3.

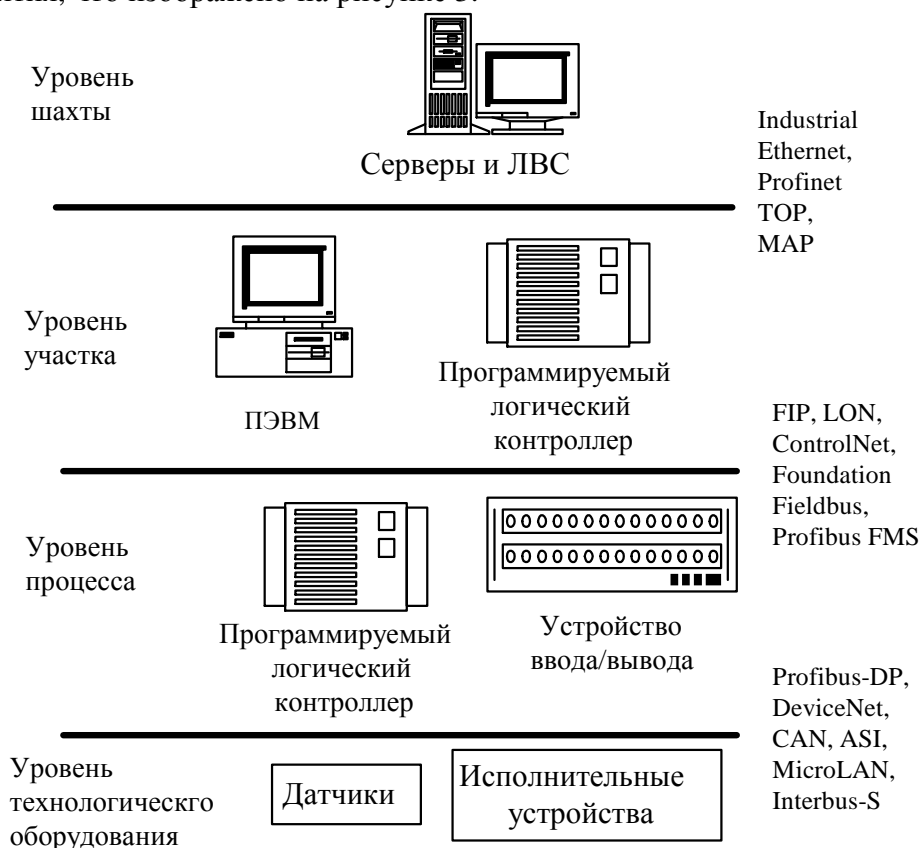


Рисунок 3 - Области применения телекоммуникационных технологий

Переход на fieldbus-технологии обеспечивает улучшение качества, снижение затрат и повышение эффективности конечной системы [4]. Каждое устройство может выполнять функции управления, обслуживания и диагностики. Это существенно увеличивает эффективность системы в целом и снижает затраты по ее сопровождению. Таким образом, на современном этапе развития систем автоматизации при построении систем управления распределенными объектами и процессами необходимо ориентироваться на использование телекоммуникационных сетей класса fieldbus.

Многоуровневая структура системы управления обеспечивает ее надежность, оперативность, ремонтпригодность, эффективность функционирования. При этом обеспечивается оптимальный уровень децентрализации управления с минимальным количеством средств технологического контроля, управления и линий связи между ними. Построение систем автоматизации по уровням управления определяется целями (критериями) управления соответствующими технологическими объектами управления. Задачи, решаемые на каждом уровне предприятия, определяют требования к многоуровневой системе автоматизации. На верхнем уровне решается задача обеспечения оптимальной работы всего предприятия в целом. В результате система управления верхнего уровня выдает опти-

мальные значения технологических параметров, которые являются задающими воздействиями для систем управления нижних уровней.

При построении многоуровневых систем автоматизации, особенно остро, стоят задачи организации информационного обмена между уровнями. В одном случае необходим обмен комплексными сообщениями на средних скоростях. В другом - быстрый обмен короткими сообщениями с использованием упрощенного протокола обмена (уровень датчиков и исполнительных механизмов). Для этих случаев наиболее подходит телекоммуникационная система Profibus [4, 5]. В настоящее время под этим общим названием понимается совокупность трех отдельных протоколов: Profibus-FMS, Profibus-DP и Profibus-PA. Протокол Profibus-DP был спроектирован для организации быстрого канала связи с уровнем датчиков и исполнительных механизмов. Протокол Profibus-FMS предназначен для работы на так называемом цеховом (верхнем) уровне. Здесь требуется высокая степень функциональности, и этот критерий важнее критерия скорости. FMS-протокол допускает гибридную архитектуру взаимодействия узлов. Протокол Profibus-PA - это расширение DP-протокола для организации обмена информацией во взрывоопасных средах. Как видно из рисунка 3, использование системы Profibus позволяет создавать системы управления на трех уровнях – уровне технологического оборудования, уровне процесса, уровне цеха. Учитывая определенную универсальность и распространенность данного протокола в июне 2003 года Profibus и Profinet утвержден как международный стандарт IEC 61784-1 и поэтому его наиболее целесообразно применять при построении комплексной системы автоматического управления угольной шахтой.

Выводы.

1. Показано, что повышение эффективности управления угольной шахтой возможно при использовании комплексной системы автоматизированного управления, реализованной с использованием многоуровневого подхода построения систем.

2. Выполненный анализ условий функционирования шахты показал, что наиболее целесообразным является построение четырехуровневой системы автоматизированного управления, которая включает уровень шахты, уровень участка, уровень процесса, уровень технологического оборудования.

3. Оптимальная реализация многоуровневой системы управления шахтой возможна при использовании специализированных телекоммуникационных сетей, в частности, системы Profibus и Industrial Ethernet.

4. Система Profibus позволяет создавать системы управления во взрывоопасных и пожароопасных условиях, комплекс технических средств которой охватывает три нижних уровня управления: уровень участка, уровень процесса, уровень технологического оборудования и тем самым является наиболее предпочтительным при построении многоуровневой комплексной системы автоматизированного управления угольной шахтой.

Литература

1. Автоматизация процессов подземных горных работ. // Под общей ред. Иванова А.А. - Киев; Донецк: Вища шк., 1987. - 327 с.
2. Толпежников Л.И. Автоматическое управление процессами шахт и рудников: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1985. - 352 с.
3. Звягинцев А.М., Красников А.Л., Курносов Н.М., Долинин И.В., Скрыпников С.Н. Полевые шины fieldbus - новая перспектива в автоматизации управления технологическими процессами // Датчики и системы.- 1999.-№ 7-8.- С. 61 - 73.
4. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления: СПб.: Невский диалект, 2001г. – 557 с.
5. Любашин А.Н. PROFIBUS - открытая шина для открытых технологий // PCWeek.- 1998. - № 8. - С. 12-17.