

методами на 6...34% и по сравнению с неавтоматизированным процессом на 17...69%.

Таблица 3 – Оценка результатов функционирования АСУ ТП ЭХР

Динамическая характеристика	Метод проведения компьютерного эксперимента		
	методом наблюдений с последующей компьютерной обработкой информации	с использованием известных способов автоматизации	с использованием разработанных методов, моделей и алгоритмов.
Время переходного процесса, с	7-12	6-8	3-5
Амплитуда перерегулирования, %	5-10	3-8	2-5
Время перерегулирования, с	3-4	2-3	1-2
Скорость процесса, г/с	30	60	85
Выход продукции, кг	6	11	16
Качественный состав продукции, %	66	78	92

СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАБОЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Курносков В.Г., канд. экон. наук

Красик Я.Л., докт. техн. наук

ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова» г. Донецк, Украина

Уровень социально-экономического состояния государства во многом зависит от объемов производства и технической оснащенности добывающих отраслей промышленности.

45-летний опыт работы института Автоматгормаш подтверждает правильность избранного направления деятельности по созданию высокоэффективных технических средств управления, диагностики, автоматизации и связи для угледобывающего и проходческого оборудования угольных шахт.

С использованием системного подхода в Автоматгормаш сформулирована концепция создания систем и средств, направленная

на комплексное решение задач управления процессом угледобычи (рис. 1).

Совершенствование машин и оборудования для добычных и проходческих забоев угольных шахт, а также обновление традиционной технологии новыми элементами предопределяют усложнение задач управления. По мере совершенствования управления отдельными машинами и механизмами – регулирование скорости движения добычных и проходческих комбайнов, скорости движения забойного конвейера – следует отметить значительное отставание в Украине в области применения средств автоматизированного управления гидрофицированными крепями из-за отсутствия финансирования. Традиционные методы крепления очистных забоев с помощью гидрофицированных крепей не обеспечивают регулирование скорости крепления, и, что самое главное, вновь создаваемое оборудование неспособно обеспечить подвигание крепи вслед за проходом угледобывающего комбайна, который в современных условиях может обеспечить выемку угля со скоростью 15 м/мин. Без автоматизации процессов крепления очистных забоев вслед за комбайном, движущимся со скоростью 15 м/мин, не представляется возможным создание автоматизированных систем угледобывающих комплексов, работающих без постоянного присутствия человека в забое.

Вновь созданные крепи без соответствующих доработок, даже при условии их автоматизации, не могут обеспечить крепление забоя со скоростью более 6 м/мин. Для преодоления этих трудностей при создании систем управления подобными объектами необходима доработка отдельных подсистем и звеньев как механизмов, так и средств управления.

Рассматривая угледобывающий комплекс как объект управления, следует отметить, что его статические и динамические характеристики изменяются в широких пределах заранее непредвиденным образом, при этом не всегда представляется возможным полномасштабно и адекватно описать физические процессы, протекающие при функционировании системы управления машиной в реальных условиях добычного и проходческого забоев. В связи с изменяющимися горно-геологическими условиями добычных

забоев, а также газодинамическими проявлениями в угольных пластах, возникающими в процессе их разрушения, которые не всегда могут быть априорно известными, целесообразно осуществлять прогноз состояния технологического процесса с учетом возникающих опасностей и включать его результат в контур управления угледобывающим комплексом.

Для преодоления этих трудностей при создании систем управления подобными объектами, которые должны функционировать в условиях неопределенности внешних воздействий, применяют принцип адаптации.

Применение этого принципа управления позволяет обеспечить адаптацию режимов работы оборудования к изменяющимся горно-геологическим условиям в автоматизированной системе за счет того, что часть функций по прогнозу нештатных ситуаций, которые невозможно было учесть из-за высокой энтропии технологических процессов, осуществляется самой системой во время эксплуатации с помощью адаптивного управляющего устройства.

Оптимизация процесса управления добычной машиной может быть выполнена в соответствии с критерием минимума потерь производительности:

$$\Pi_{\text{макс.}} = \sum_{i=1}^n S_i \int x_i(t) dt,$$

где

n – число реализуемых переменных технологического процесса (сопротивляемость угля резанию, мощность пласта, метанообильность, прогноз состояния оборудования и т. д.);

x_i – i -ая реализуемая переменная технологического процесса;

$S_i = W_i S_0$ – стоимость потерь производительности от нестабильности i -ой переменной процесса;

W_i – коэффициенты $\left(\sum_{i=1}^n W_i = 1 \right)$

S_0 – общие потери производительности от колебаний стабилизируемых переменных в локальных системах регулирования технологического процесса.

Не менее сложной является подсистема крепления призабойного пространства добычного участка. Целью управления этой подсистемы является обеспечение крепления призабойного пространства со скоростью, обеспечивающей минимальное (определяемое горно-геологическими условиями) отставание крепи от угледобывающего комбайна.

Поставленная цель достигается различными алгоритмами управления. Существующие технологические угледобывающие комплексы отличаются невысокими коэффициентами машинного времени. Учитывая остановки добычной машины, представляется целесообразным обеспечить максимально допустимую (с учетом внешних влияющих факторов) добычу угля при каждом включении добычной машины в работу:

$$Q_i = BH_i V_{ni} T_i \gamma = \max,$$

где

- B – ширина захвата, м;
- H_i – мощность пласта на участке лавы при i -ом включении комбайна, м;
- γ – удельный вес угля, Т/м³;
- V_{ni} – скорость подачи на i -ом участке, м/мин;
- T_i – продолжительность работы комбайна после i -ого включения, мин.

Для получения максимальной добычи угля необходимо выполнить следующие условия:

$$\begin{cases} H_i = \max \\ V_{ni} = \max \\ T_i = \max \end{cases}$$

Скорость движения добычной машины оценивается с использованием различных видов скорости подачи в зависимости от поставленной цели. Условно различают теоретическую – $V_{n.теор.}$, техническую – $V_{n.техн.}$ и эксплуатационную – $V_{n.эксп.}$ скорости подачи на i -ом участке. Последняя должна быть адаптирована к конкретным условиям очистного забоя.

В соответствии с целью управления в условии оптимальности должен быть внесен показатель P_i , характеризующий уровень безопасности при i -ом включении комбайна.

Ограничения, налагаемые на координаты системы управления, в общем случае могут быть представлены в следующем виде:

$$F = F(x, y, Z, W),$$

где

x, y, Z – множества ограничивающих факторов, соответственно технического, горно-геологического и организационного характера, а также факторов, влияющих на безопасность выполнения технологических операций с учетом прогноза состояния окружающей среды и аэрологической обстановки.

Целевая функция может быть представлена в виде:

$$F_{\text{цел.}} = (V_{\text{комб.}} - V_{\text{крепи}}) \rightarrow \min$$

Иными словами, необходимо перевести объект управления из состояния $Q_{\text{см}}(0) = 0$ в состояние $Q_{\text{см}}(T_{\text{см}}) = Q_{\text{см.макс}}$ с помощью такого управления, которое обеспечивает минимальные простои и максимальную производительность с сохранением заданного уровня безопасности при каждом включении угледобывающего комплекса при ограничениях вида:

$$\begin{cases} V_{\text{крепи}} = \max \\ V_{\text{ни}} = \max \\ T_i = \max \\ P_i = \max \end{cases}$$

Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить заданные режимы и контролировать нагрузку двигателей комбайна, положение режущих органов, состояние приводов конвейера и его транспортирующую способность, устойчивость комбайна, состояние крепи, устойчивость вмещающих пород, скорость перемещения крепи и комбайна, прогнозировать начало развития аварийной ситуации в технических средствах, а также в горно-геологическом и аэрологическом окружении.

Анализ этих процессов должен осуществляться с использованием элементов прогноза состояния технических средств добычи угля и среды, в которой протекает технологический процесс с широким применением системного подхода на основе исследования модели: «Человек-Машина-Среда».

Подсистема противоаварийной защиты объекта управления при выполнении технологических процессов на добычном участке, оснащенный комплексом технологического оборудования, оценивает влияние различных факторов на безопасность ведения работ с учетом взаимосвязей этих факторов. Наиболее благоприятные условия для исследования и анализа безопасности работы добычного участка и шахты в целом создаются в случае представления объекта в виде триединой системы (рис. 2) «Человек-Машина-Среда» (ЧМС). В этих условиях наиболее рационально применение системного подхода, позволяющего оценить каждую из подсистем: «Человек» (Ч), «Машина» (М), «Среда» (С) с учетом взаимных влияний [1].

Подсистема противоаварийной защиты (безопасного ведения работ на технологическом участке) включает в себя комплекс организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих контроль, управление и прекращение технологического процесса при появлении нештатной ситуации, связанной с опасностью дальнейшего выполнения работ для обслуживающего персонала и оборудования [2].

Показатель безопасности P носит вероятностный характер и может быть выражен, в общем случае, как функция вероятности трех составляющих надежности выполнения $P_ч$; $P_м$ – надежности ГШО; $P_с$ – надежности технологической среды и прогноза ее состояния:

$$P = F[P_ч F_1(f_1; f_2; f_5; f_6); P_м F_2(f_3; f_4; f_1; f_2); P_с F_3(f_3; f_4; f_5; f_6)],$$

где
 f_1, \dots, f_6 – функции многофакторных взаимосвязей системы (ЧМС);
 F_1, F_2, F_3 – функции, формирующие значения $P_ч, P_м, P_с$.

Техническая реализация подсистемы противоаварийной защиты с прогнозом возникающих опасностей может быть построена на основе перспективных сигнальных процессоров, например, ADSP-

21535/21532 фирмы Analog Devices на базе архитектуры MSA, разработанной совместно с фирмой Intel.

Создание таких систем управления возможно при решении технических задач доработки машин, входящих в комплекс, совместно разработчиками оборудования:

- обеспечения уровня скорости движения гидрофицированной крепи соответствующей скорости движения комбайна;
- создания технических средств управления комплексом, обеспечивающих прогноз состояния и предупреждения предаварийных ситуаций на их начальной стадии;
- обеспечения управляемости комбайна в нужных режимах в процессе его работы с оснащением последнего необходимыми встроенными техническими средствами (датчиками, органами управления и контроля его положения и др.);
- разработки технических средств для предупреждения развития аварийных режимов на их начальной стадии.

Институт Автоматгормаш имеет опыт создания подобных систем, что подтверждается серийным выпуском и многолетней эксплуатацией угледобывающего комплекса КМ138, созданного Автоматгормашем и Гипроуглемашем (Россия) совместно в начале 90-х годов прошлого века!

Условия работы шахт Украины отличаются от большинства угледобывающих предприятий других стран мира высоким уровнем и многообразием видов опасности.

Системный анализ опасных ситуаций, которые могут привести к аварии (в том числе с трагическими последствиями) убеждает в том, что система контроля безопасности является многофакторной.

Для обеспечения безопасной работы шахтеров и оборудования необходимо адаптировать систему управления технологическими процессами угледобычи к условиям конкретной шахты, крыла, шахтного поля. С этой целью необходимо учитывать условия добычи угля в конкретном забое:

- предполагаемые зоны повышенного метановыделения вдоль линии очистного забоя;
- состояние горного давления пород;

- заключенный в угольном массиве метан;
- физико-механические и структурные свойства пласта, их изменчивость;
- температурные и сейсмоакустические характеристики угольно-породного массива;
- состояние электрооборудования и кабельной сети;
- состояние оборудования добычных участков и др. [3].

На основании многофакторного анализа этих параметров необходимо выбрать режим работы оборудования добычных забоев, что может быть обеспечено с помощью адаптационного блока системы управления комплексом.

Бурное развитие современных информационных технологий, полупроводниковой и сенсорной техники позволит решить эту задачу полномасштабно и на более высоком уровне, превышающем достижения зарубежных фирм, и адаптировано к более опасным условиям добычи угля в Украине и России.

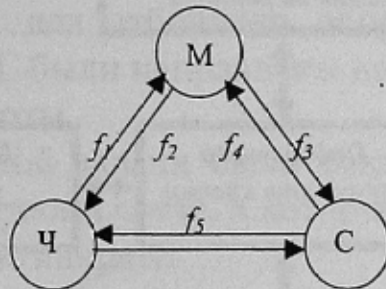


Рисунок 1 - Модель системы «Человек-Машина-Среда» (ЧМС)

Создание оборудования для производств с особо опасными условиями труда является весьма сложной задачей. Конструирование оборудования для технологических процессов добычи угля должно осуществляться с учетом технических средств, которые органически увязаны с системами управления оборудованием, имеют устройства диагностики и противоаварийной защиты, обеспечивающие раннее распознавание предаварийной ситуации на начальных стадиях. Ранее существовавшие методы построения оборудования, создания средств защиты машин должны быть пересмотрены, а вновь создаваемое оборудование должно иметь встроенные средства противоаварийной защиты, адаптированные к опасностям реально существующим в добычных и проходческих забоях угольных шахт Украины и России.

Примером этому являются другие отрасли промышленности: атомная энергетика; наземный и воздушный транспорт; нефтехимическая промышленность и др.

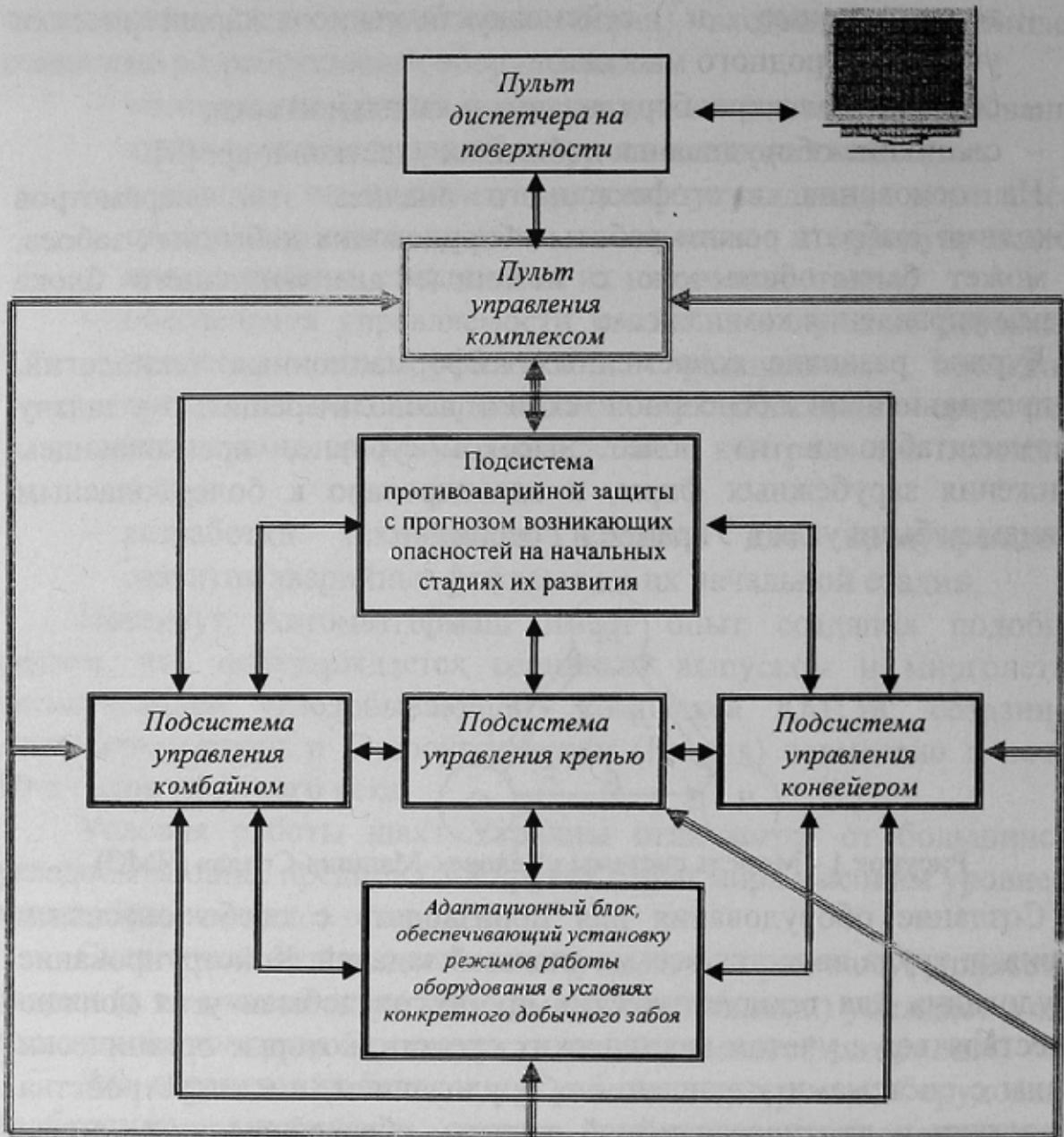


Рисунок 2 - Структурная схема управления угледобывающим комплексом, работающим в условиях повышенной опасности

Список литературы

1. 7-ой Международный Конгресс по вентиляции шахт. Польша, Краков, 17-22 июня 2001 г. Сборник докладов. Польша, Краков, 2001. Доклад: «Метановая опасность и ее мониторинг», В.Г. Курносков, Я.Л. Крассик, В.В. Синенко, стр. 699-708.

2. Дубов Е.Д., Мухин П.Е., Коптиков В.П., Красик Я.Л., Синенко В.В., Курносов В.Г., Виноградов В.В. «Информационные технологии – основа стратегии развития безопасной угледобычи», стр. 30-34, ж. «Уголь Украины», 2001 г., № 1.
3. Красников Ю.Д., Солод С.В., Топорков А.А. «Повышение надежности функционирования забоев угольных шахт», М., «Недра», 1993 г.

БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ ШАХТ В XXI ВЕКЕ – ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, КОНТРОЛЬ, ПРОГНОЗ И УПРАВЛЕНИЕ

Курносов В.Г., канд. экон. наук

Красик Я.Л., докт. техн. наук

Синенко В.В., канд. техн. наук

ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова»

В течение многих лет работы ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова» по созданию технических средств автоматизации управления и связи для забойного оборудования угольных шахт Украины и стран СНГ были направлены на обеспечение безопасности и эффективности работы.

Для решения этой задачи были созданы устройства контроля, управления, диагностики и связи, в которых приоритеты были отданы безопасности и эффективности.

Сформулированные и разработанные научно-технические направления, внедренные в промышленность, позволили существенно повысить безопасность работ и эффективность работы оборудования в добычных и проходческих забоях.

К таким основополагающим направлениям следует отнести:

1. Создание и внедрение искробезопасных источников питания повышенной мощности, не имеющих аналогов за рубежом, позволяющих в 20 и более раз увеличить их искробезопасную мощность и обеспечивающих возможность построения искробезопасных систем управления, сигнализации и связи для добычного и проходческого оборудования (выпускаются МЗША).
2. Создание средств искробезопасной технологической связи и сигнализации для забоев угольных шахт, позволяющих сократить