

УДК 622.232.7

**СИСТЕМНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГОРНОЙ МАШИНЫ КАК МЕХАТРОННОГО ОБЪЕКТА**

Семенченко А.К., докт. техн. наук, проф., Шабаев О.Е., канд. техн. наук, доц., Семенченко Д.А., канд. техн. наук, вед.н.с., Хиценко Н.В., канд. техн. наук, доц.,  
Донецкий национальный технический университет

*Выполнен анализ элементов конструкции и разработано системное представление горной машины как мехатронного объекта. Выработаны направления дальнейших исследований в области мехатроники горного оборудования*

*It is realized the review of structural components and developed the system description of mining machine as a mechatronic object. It is grounded directions of future investigations in mechatronics of mining equipment*

**Проблема и ее связь с научными или практическими задачами.** Важнейшей народнохозяйственной проблемой Украины является энергоснабжение на базе собственных источников энергии. Одним из таких источников для Украины есть уголь, значительными запасами которого она располагает. Успешное решение этой проблемы может быть обеспечено на основе эффективной разработки угольных запасов путем резкого снижения себестоимости добычи.

Это может быть достигнуто внедрением качественно новой горной техники, которая отличается значительным повышением производительности, надежности и безопасности использования, а также снижением эксплуатационных затрат и энергопотребления на разрушение. Вместе с тем, традиционные подходы к созданию очистных и проходческих комбайнов как энергомеханических систем не обеспечивают возможности реализовать потребительские свойства на уровне резко возрастающих требований рынка.

Передовой мировой опыт в области горного машиностроения показывает, что добиться качественно новых характеристик оборудования позволяет мехатронная концепция системного объединения энергомеханических систем с компьютерными устройствами управления, встроенными датчиками и интерфейсами [1, 2]. Поэтому разработка научных основ рабочих процессов горных машин как мехатронных систем является актуальной научной проблемой, которая

имеет важное народнохозяйственное значение.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросам применения мехатронных принципов в горном машиностроении посвящены труды [3, 4]. Горные выемочные машины – сложные нелинейные динамические объекты с противоречивыми требованиями к основным параметрам и показателями технического уровня [5]. Мехатронный подход [1, 2] к проектированию машин требует одновременного проектирования силовых систем и системы управления машиной. Это приводит к еще большему усложнению задачи обоснования структур и параметров горных выемочных машин, поэтому одним из наиболее эффективных методов исследования их рабочих процессов является математическое моделирование [5]. Для математического описания процессов функционирования горных машин необходима разработка системного представления о горных выемочных машинах как мехатронных системах.

**Постановка задачи.** Цель исследования – развить системное представление о горных выемочных машинах с учетом мехатронного подхода к их проектированию и функционированию.

**Изложение материала и результаты.**

В общем случае горная машина состоит из четырех подсистем, которые реализуют соответственно 4 фундаментальные функции, свойственные мехатронным системам:

- технологическая – преобразование исходного материала (сырья) в конечный продукт;
- энергетическая – превращение вещества или полученной извне энергии в конечный вид энергии;
- управления – управляющее воздействие на первые две подсистемы по заданной программе и на основе полученной информации о количестве и качестве конечных продукта и энергии;
- планирование – сбор информации о произведенном продукте, определение его требуемых количественных и качественных показателей и коррекция управляющей программы.

Выемочные машины как электрогидромеханические системы состоят из большого числа элементов конструкции. Каждый элемент конструкции имеет определенное функциональное назначение, взаимосвязь элементов конструкции обеспечивает работу машины. Все элементы конструкции комбайна можно классифицировать на:

- исполнительные механизмы – осуществляют пространственные движения по заданным траекториям с целью обеспечения задан-

ных силовых воздействий на окружающую среду. На таких элементах формируется внешняя нагрузка (внешнее возмущение), представляющая собой реакцию среды на эти движения. Для проходческого комбайна можно выделить исполнительные механизмы: резцовая коронка, погрузочные органы (звезды, лапы), гусеничная ходовая часть, опоры (аутриггеры);

- силовые преобразователи энергии – осуществляют преобразование энергии при ее подаче к исполнительным механизмам. Как правило, исходной является электрическая энергия, ее преобразование в механическую происходит в электродвигателях, а затем при необходимости – в гидравлическую и обратно в насосах и различных гидродвигателях;

- передающие элементы – осуществляют передачу энергии к исполнительным механизмам без изменения ее вида, сюда можно отнести различные механизмы, коммутационные устройства гидропривода и электропривода;

- элементы управления – выполняют функции контроля и управления работой силовых преобразователей и коммутационных устройств комбайна. Наиболее широкое применение в мировой практике нашли электрические и электронные системы управления.

На рис. 1 приведена классификация элементов конструкции комбайна с указанием конкретных типов элементов в различных группах. Следует отметить, что на данном этапе проектирование выемочной техники ведется сначала для силовых систем (элементы конструкции I, II и IV групп), а затем выполняется разработка элементов управления. Вместе с тем, в соответствии с мехатронным подходом проектирование силовых систем должно происходить одновременно с проектированием компьютерной системе управления машиной. При этом конструкция элементов силовых систем предусматривает установку необходимых датчиков, осуществляющих сбор информации в процессе функционирования машины. В процессе проектирования необходимо учитывать функциональную взаимосвязь элементов мехатронной системы «выемочная машина». В качестве примера на рис. 2 приведена структура мехатронной системы «проходческий комбайн». В процессе работы выемочной машины управление приводами осуществляется компьютером согласно заданию, полученному от человека-оператора с учетом показаний датчиков о состоянии энерго-механических систем комбайна и разрушаемого массива. Оператор по отчетам компьютера и показаниям индикаторов наблюдает за ра-

ботой комбайна, при необходимости внося корректировку путем выдачи команд компьютеру. С целью реализации эффективного способа регулирования нагрузки на приводные двигатели приводы подачи и резания выполнены регулируемы, при этом закон регулирования задается компьютером согласно предварительно заложенной программе. Для функциональной интеграции проходческого комбайна в проходческий комплекс, предусмотрена связь компьютера с компьютерной системой управления комплекса.



Рисунок 1 – Классификация элементов конструкции горной машины

Цель управления горной машиной состоит в выполнении ее исполнительными механизмами требуемых рабочих операций. Для достижения цели необходимо, чтобы управляющая система сформировала такой закон управления исполнительными механизмами, при котором качество (эффективность) рабочих операций будет максимальным (минимум энергозатрат и максимум производительности разрушения и погрузки горной массы, максимальная скорость при заданной точности установки крепи и т.д.).

Датчик – конструктивно обособленная часть управляющей системы, включающая преобразователь вида энергии сигнала, размещенная в зоне действия влияющих факторов управляемого объекта и воспринимающая естественную закодированную информацию о его состоянии (параметры состояния).



Рисунок 2 – Структура мехатронной системы «проходческий комбайн»

В процессе работы горной машины необходимо знание о ее фактическом техническом состоянии и эффективности рабочего процесса, что численно может быть оценено по следующим показателям:

- параметры рабочих процессов – мощность, производительность, тормозной путь и т.д.;
- параметры сопутствующих процессов – шум, вибрация, температура нагрева и т.д.;
- геометрические параметры – деформации, зазоры, биения, люфты и т.д..

Для обеспечения достоверности диагностики параметры должны отвечать требованию однозначности, воспроизводимости и чувствительности.

В системах автоматизированного управления горных машин преимущественно применяются датчики: тензорезисторные, электромагнитные, реостатные, струнные, пьезоэлектрические, емкостные и др.

Функция преобразования определяется конструкцией датчика и может изменяться под действием факторов внешней среды: темпера-

тура и влажность, электромагнитные поля, агрессивность, колебания питающих напряжений и т.п. Это приводит к появлению погрешностей измерений.

Анализатор – устройство в системе управления, осуществляющее прием, обработку и интерпретацию информации от датчиков о состоянии машины и ходе выполнения технологического процесса, сравнивающее полученные данные с заданием оператора и генерирующее управляющие воздействия на приводы исполнительных механизмов.

Анализаторы современных систем управления, как правило, разрабатываются на микропроцессорной элементной базе; они имеют развитое информационно-вычислительное обеспечение, гибкое программирование функций управления, расширенные возможности сопряжения с внешним управляемым оборудованием и т.д. Также реализуется запись изменения параметров состояния машины и технологического процесса для текущей (оперативной) обработки анализатором и последующего анализа человеком-оператором («черный ящик»). Особенно актуально такое построение анализаторов ввиду нестационарности и неопределенности рабочей среды в условиях горнодобывающего предприятия, которая проявляется в нестабильности прочности разрушаемой породы, нестационарности положения горной машины, колебаниях напряжения в питающей сети, изменчивости структуры и параметров машины (например, выход из строя кулаков на коронке). Это обуславливает низкую эффективность традиционных методов и средств программного управления, требует применения адаптивного управления на основе постоянного контроля показателей рабочего процесса горной машины.

Структура анализатора и его положение в информационной системе горной машины приведено на рис. 3.

Индикаторы предназначены для визуализации информации о состоянии машины и параметрах технологического процесса, рабочей среды и рекомендаций оператору по организации технологического процесса и техническому обслуживанию машины.

### ***Выводы и направление дальнейших исследований.***

Таким образом, разработаны классификация элементов конструкции и системное представление выемочной машины как мехатронного объекта, позволяющее учесть функциональную взаимосвязь элементов конструкции машины в процессе проектирования. Направлениями дальнейших исследований являются:

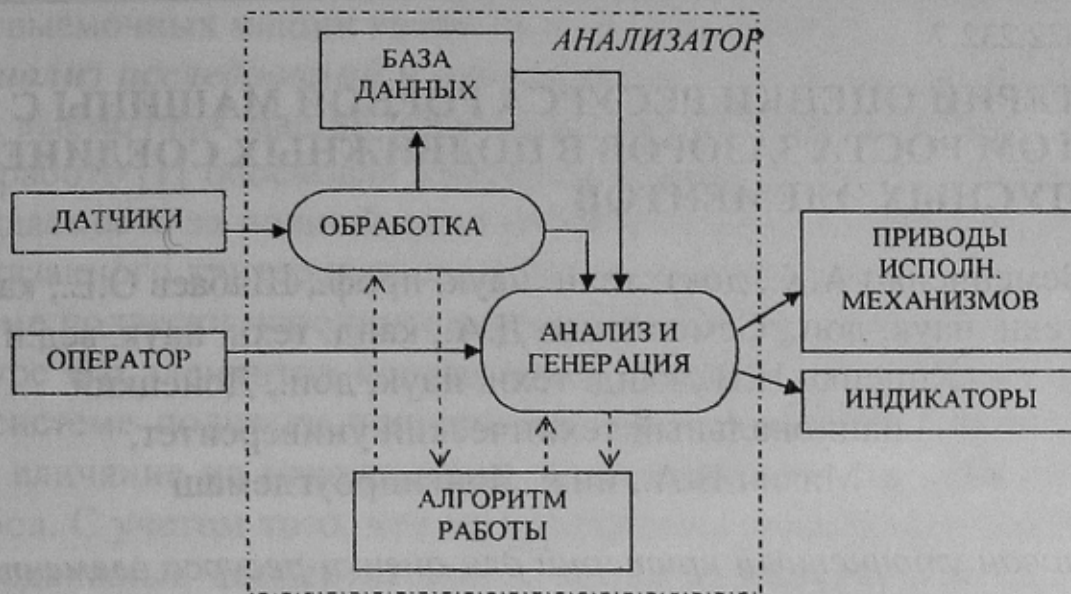


Рисунок 3 - Информационная система горной машины

- разработка требований к системам компьютерного управления выемочными машинами;
- разработка алгоритма управления и оптимизации рабочих процессов выемочной машины с учетом многокритериальности
- разработка математической модели функционирования системы компьютерного управления выемочной машиной и ее интеграция как функционально законченного элемента в комплексную математическую модель выемочной машины;
- разработка требований, структурной схемы и математической модели системы компьютерной технической диагностики.

Список источников.

1. Подураев Ю.В., Кулешов В.С. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем // Мехатроника, 2000. - №1. - С. 5-10.
2. Шалсбаев Е.В. К вопросу об определении мехатроники и иерархии мехатронных объектов // Датчики и системы, 2001. - №7. - С. 64-67.
3. Стадник Н.И., Сергеев А.В., Кондрахин В.П. Мехатроника в угольном машиностроении // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю, 2006. - №2 - С. 148-163.
4. Горбатов П.А., Косарев В.В., Стадник Н.И. Концептуальная характеристика сложных горных машин как мехатронных систем // Научные труды ДонНТУ. Вып. 104. - Донецк: ДонНТУ, 2005. - С. 53-61.
5. Семенченко А.К., Кравченко В.М., Шабаев О.Е. Теоретические основы анализа и синтеза горных машин и процесса их восстановления как динамических систем - Донецк: РВА ДонНТУ, 2002. - 302 с.

Дата поступления статьи в редакцию: 27.04.07