

УДК 621 : (004 + 62-503.55)

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ШАГАЮЩЕЙ КРЕПИ

Попинако Я.В.<sup>1,2</sup>, студент гр. Мрм-231, II курс, инженер<sup>2</sup>

Научный руководитель: Чичерин И.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского  
отделения Российской академии наук, г. Кемерово

Приоритетность повышения технического уровня добычи угля подземным способом отмечено в Прогнозе научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года, утвержденный Минэнерго России 14 октября 2016 г., где к критическим технологиям для угольной отрасли отнесены роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве, при этом подчеркивается, что в среднесрочной перспективе возникнет необходимость в разработке и освоении высокопроизводительных проходческих комплексов для проведения подготовительных выработок с анкерным креплением и применением современных средств дистанционного управления и мониторинга забойных процессов [1].

Одним из перспективных направлений конкурентоспособного развития подземного способа добычи угля является формируемый технологический запрос на реализацию эффективных и безопасных геотехнологических решений по отработке угольных пластов, которые позволят создать на их основе платформенные решения нового поколения – современные механизированные комплексы без постоянного присутствия людей в очистных и подготовительных забоях.

В горнодобывающей отрасли прослеживается тенденция развития крупнейших производителей горных машин и оборудования на использование мобильных и автономных горных машин, обеспечение автоматизации производственных процессов и разработку систем управления, а также внедрении элементов роботизации в технологические процессы [2].

В процессе создания мобильных технических средств для проходческих и очистных работ накладываются требования к обеспечению горными машинами следующих функций:

— ограждение рабочего пространства в горной выработке от обрушенных пород;

— механизация процесса временного поддержания кровли горной выработки;

- времененная защита призабойного пространства и породоразрушающих горных машин;
- единство платформы для многофункционального использования в горных выработках для различных технологических задач;
- мобильность передвижения по почве горной выработки, в том числе за счет непрерывного перемещения циклического шагания/гусеничного хода;
- обеспечение требований безопасности оборудования;
- обеспечение возможности оперативного обслуживания;
- направленность перемещения и его управляемость;
- автоматизированное и дистанционное управление работой.

В качестве перспективной мобильной платформы для подземного применения и создания очистных и проходческих комплексов для разработки угольных пластов, в том числе в сложных горно-геологических условиях, отвечающей этим требованиям, предложена механизированная шагающая крепь (МШК) [3, 4].

МШК состоит из двух секций, взаимосвязанных друг с другом гидроцилиндрами передвижения. Каждая секция оборудована продольными верхняками и поперечными балками, жестко закрепленными между собой, которые опираются через гидростойки и опоры на почву выработки. МШК с гидравлическим приводом для тестирования и отладки алгоритмов управления в моделируемых условия выполнена в виде масштабного (1:4) экспериментального макета и представляет собой восемь гидравлических опор, соединенных по четыре в две опорные секции, перемещаемые друг относительно друга с помощью двух гидравлических домкратов. Такое упрощение конструкции позволило сохранить кинематические особенности МШК, при этом снизить металлоемкость и повысить технологичность изготовления макета. Внешний вид масштабного макета представлен на рисунке 1, для удобства восприятия каждая секция окрашена в отдельный цвет.



Рисунок 1 – Масштабный макет механизированной шагающей крепи

Исходя из кинематики, основной функцией каждой из двух секций является обеспечение разгрузки и распора механизированной крепи, а также обеспечение их передвижкой при каждом цикле шагания. Для анализа и

описания процессов взаимодействия в системе управления передвижкой [5, 6] использована методология функционального моделирования IDEF0. Процесс работы системы управления МШК графически представлен на рисунке 2.

В представленной схеме все функциональные элементы выполняются последовательно. «Подготовка гидроцилиндров МШК» является первым функциональным элементом. На данном этапе происходит запуск маслостанции и установка давления в гидравлической системе.

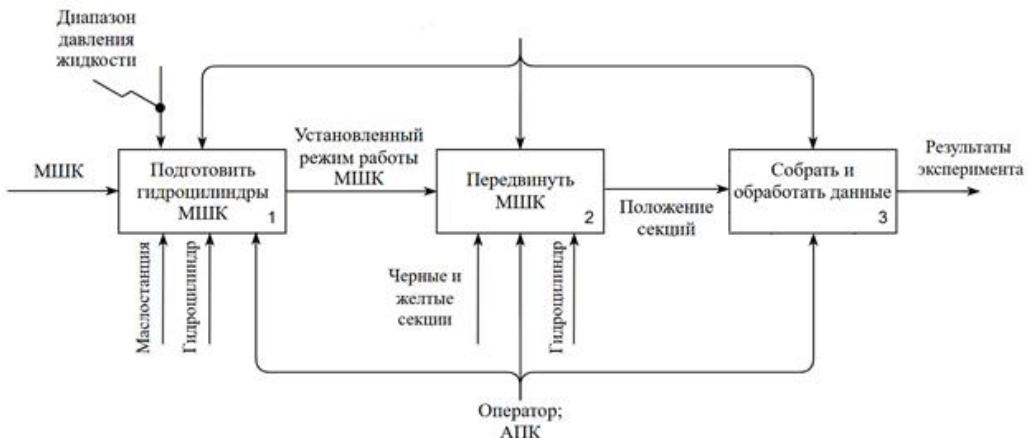


Рисунок 2 – Работа системы управления МШК по стандарту IDEF0

После подготовки гидроцилиндров к работе подается управляющий сигнал, обеспечивающий передвижку секции, который обозначен функциональным элементом «Установленный режим работы МШК». На рисунке 3 приводится декомпозиция процесса передвижки механизированной шагающей крепи, который описывает полный цикл: разгрузка, передвижка, распор черной секции; разгрузка, передвижка, распор желтой секции.



Рисунок 3 – Процесс передвижки МШК

Следующим функциональным элементом является «Сбор и обработка данных». На данном этапе АПК обрабатывает, фиксирует информацию в ходе цикла передвижки и формируется массив полученных данных в файл результатов.

Таким образом, системно-функциональное моделирование процесса передвижки на основе описания режимов работы секций крепи при помощи графического моделирования IDFE0 позволило описать все функциональные элементы и их взаимодействие друг с другом, что является основой для последующей разработки алгоритмов и аппаратно-программного обеспечения автоматизированного управления масштабным макетом механизированной шагающей крепи.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2024-0025 «Разработка научных основ создания автономных и автоматизированных горных машин, оборудования, технических и управляющих систем на базе перспективных цифровых и роботизированных технологий» (рег. № 125013101207-7).*

### **Список литературы:**

1. Автономизация управления горным оборудованием: состояние и перспективы / С. М. Никитенко, М. С. Никитенко, Д. Ю. Худоногов [и др.] // Уголь. – 2024. – № 10(1185). – С. 94-99. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-10-94-99. – EDN DGMSGE.
2. Автоматизация управления технологическими процессами при отработке мощных пластов с выпуском угля под кровельной толщи / С. А. Кизилов, М. С. Никитенко, Б. Неоджи [и др.] // Горная промышленность. – 2017. – № 6(136). – С. 76. – EDN YLQRRK.
3. Механизированная шагающая крепь как платформа для создания высокоэффективных проходческих и очистных комплексов / В. И. Клишин, Ю. В. Малахов, С. М. Никитенко [и др.] // Развитие производительных сил Кузбасса: история, современный опыт, стратегия будущего : международная научно-практическая конференция : в 4 т., Москва, 17–23 ноября 2023 года. – Москва: Российская академия наук, 2024. – С. 192-210. – EDN UIACQF.
4. Худоногов, Д. Ю. Обеспечение равномерности распора экспериментального образца механизированной шагающей крепи согласованными тактовыми сигналами управления / Д. Ю. Худоногов, С. А. Кизилов, М. С. Никитенко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2024. – № 6(166). – С. 95-102. – DOI 10.26730/1999-4125-2024-6-95-102. – EDN SGGXIU.
5. Разработка имитационной модели шагающей крепи с интеграцией алгоритмов управления для визуализации технологических процессов / М. С. Никитенко, С. С. Журавлев, Ю. В. Малахов, Н. В. Абабков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. – № 1(131). – С. 49-59. – DOI 10.26730/1999-4125-2019-1-49-58
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683890 Российская Федерация. Программа синхронизации управления модулем электрогидравлики механизированной шагающей

крепи : № 2024681656 : заявл. 20.09.2024 : опубл. 14.10.2024 / С. А.  
Кизилов, М. С. Никитенко, Д. Ю. Худоногов ; заявитель Федеральное  
государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный  
исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения  
Российской академии наук». – EDN BHLMUA.