

УДК 622.274

ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЙ МАСШТАБНЫЙ МАКЕТ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ШАГАЮЩЕЙ КРЕПИ

А.Ю. Игнатова, магистрант гр.МРм-231, II курс
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачёва, г. Кемерово

При разработке полезных ископаемых подземным способом используются подвижные горные машины, оснащенные в основном колесным или гусеничным приводом [1].

Но, когда необходимо временно закрепить кровлю, колесные и гусеничные машины уступают место шагающему механизму с разной кинематикой и способом передвижения. При этом проектирование машин, основанных на шагающих шасси, является сложной задачей. При решении таких задач, современные инженеры все чаще полагаются на компьютерное моделирование для разработки сложных механизированных объектов [2]. Программное обеспечение для моделирования работы кинематики, приводов и системы управления позволяет выявить основные грубые просчеты в конструкции моделируемого устройства, но из-за упрощений моделирования может не показать проблему, которая возникнет при работе физического объекта. Например, хорошо работающая кинематическая схема шагающего механизма перемещения, может показать склонность к опрокидываниям, когда в виртуальной модели точно не учтено распределение веса от всех конструкционных элементов шагающего механизма. Для выявления подобных проблем на стадии разработки нового устройства применяется масштабное прототипирование, в процессе которого могут быть изготовлены ряд моделей от статических в малых масштабах (1:100, 1:20) до образцов повторяющих тип материала реального устройства в масштабе 1:1, оснащенные приводами автоматикой вплоть до аналогичным тем, что будут устанавливаться на реальные горные машины.

Одним из подобных образцов нового поколения горных машин является механизированная шагающая крепь (далее МШК), предназначенная для повышения скорости ведения проходческих работ (рис. 1) [3].

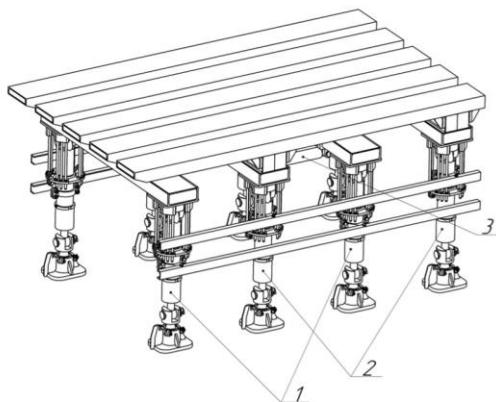


Рис. 1. МШК для проходки подземных горных выработок: 1 – передовая секция крепи; 2 – отстающая секция крепи; 3 – гидравлический цилиндр передвижки [3]

Из рис. 1 видно, что МШК состоит из двух секций (передовой и отстающей), каждая из которых опирается на четыре гидравлических цилиндра. Секции соединяются между собой закрепленными на шарнирах парой гидравлических цилиндров передвижки. Процесс передвижки (шага) МШК происходит следующим образом: штоки гидравлических цилиндров передовой секции крепи втягиваются полностью и секция ложиться на поперечные траверсы отстающей секции после чего выдвигаются штоки гидравлических цилиндров передвижки перемещая передовую секцию вперед, выдвигаются штоки гидравлических цилиндров передовой секции пока опорные балки секции не упрутся в кровлю, далее аналогично перемещается отстающая секция, но штоки гидравлических цилиндров не выдвигаются, а втягиваются. Отличительной особенностью МШК является постоянное поддержание кровли в процессе передвижки [4]. При этом наличие десяти гидравлических цилиндров в кинематической схеме МШК делает ее сложным объектом управления в ходе ее перемещения, что требует внедрения автоматической системы управления и масштабного прототипирования как кинематики, так и устройств управления движением.

Для первичного прототипирования и подтверждения возможности движения с постоянной поддержкой кровли был разработан функциональный макетный прототип в масштабе 1:20, имитирующий кинематику и способ передвижения МШК. Серьезным препятствием при разработке функциональной модели прототипа МШК стала необходимость перехода от гидравлических цилиндров к электрическому приводу с сохранением кинематической схемы линейного шарнира, соответствующей гидравлическому цилиндру в опорах и домкратах передвижки МШК. Так как необходимо было обеспечить управление десятью электроприводами от одного микроконтроллера, то вариант линейного актуатора с шаговым двигателем оказался не приемлем, так же не подошли линейные актуаторы с коллекторными двигателями постоянного тока из-за отсутствия требуемого размера актуаторов и значительного количества необходимых каналов управления на микроконтроллере, а также необходимости обратной связи по положению. В качестве привода был выбран сервопривод MG 90 с поворотом на оси на 180° . Для преобразования вращательного движения в линейное возвратно-поступательное была разработана кинематическая схема, показанная на рис. 2.

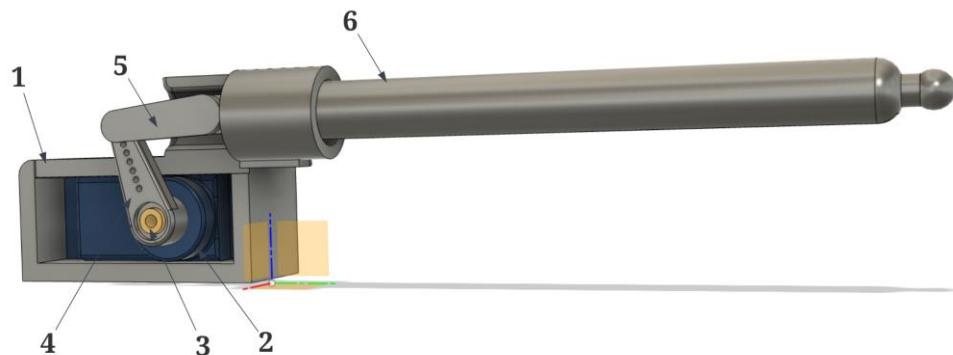


Рис. 2. Имитатор гидравлического цилиндра для масштабного макета МШК: 1 – корпус, 2 – сервопривод MG 90, 3 – приводной вал сервопривода, 4 – тяга с креплением на вал сервопривода, 5 – тяга промежуточная, 6 – подвижная опора

Показанный на рис. 2 имитатор гидравлического цилиндра обеспечивает линейное перемещение опоры на 20 мм при вращении приводного вала сервопривода. Имитатор гидравлического цилиндра был доработан для размещения на рамках передовой и отстающих секций, путем разворота подвижной опоры на 90⁰ относительно корпуса. При этом были разработаны две рамы секций, подготовленные для изготовления из пластика методом FDM 3D печати (рис. 3).



Рис. 3. Рамы передовой и отстающей секций масштабного макета МШК: а – рама передовой секции, б – отстающей

С использованием разработанных трехмерных моделей был изготовлен функциональный макет МШК из PLA пластика, показанный на рис. 4.

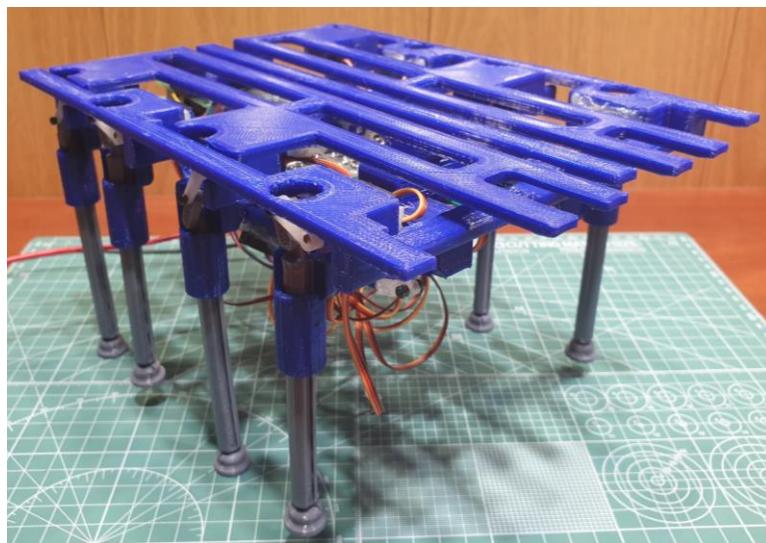


Рис. 4. Функциональный макет МШК в масштабе 1:20

Для имитации работы автоматической системы передвижки функциональный макет МШК был оснащен микроконтроллером ARDUINO NANO с 16 канальным драйвером сервоприводов, блоком питания и выносным проводным пультом дистанционного управления.

Структурная схема системы управления функционального макета МШК показана на рис. 5.

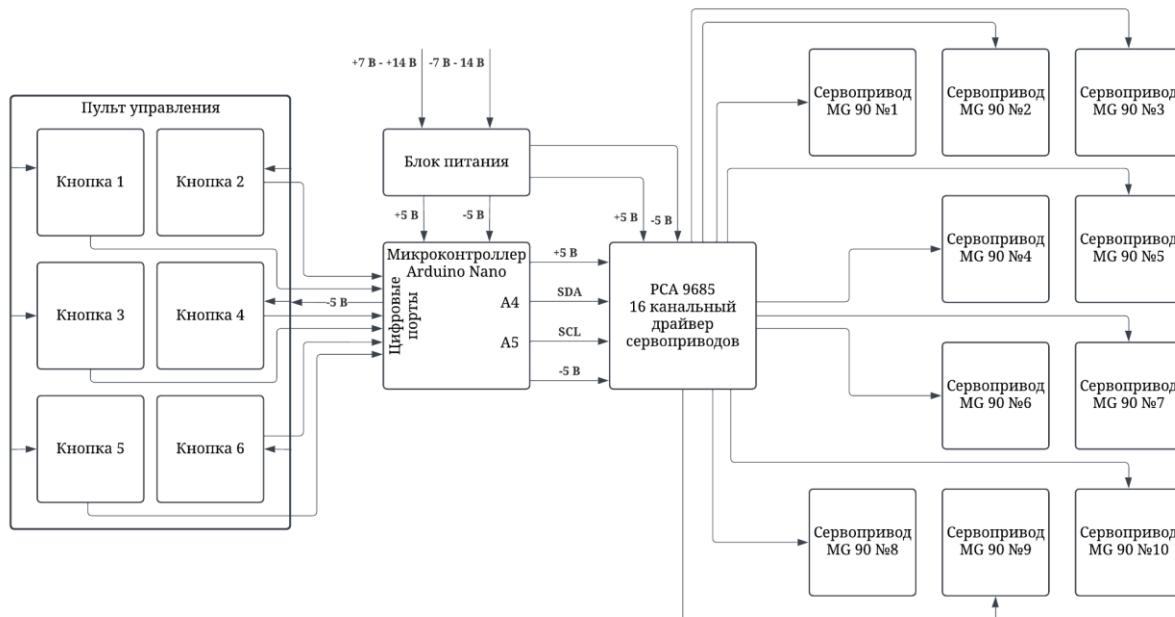


Рис. 5. Структурная схема системы управления функционального макета МШК

Система управления функционального макета МШК, показанная на рис. 5, позволяет с пульта управления запуска шесть программ действий функционального макета в автоматическом режиме.

Основных программ, выполняемых функциональным макетом три: 1 – перевод в начальную позицию, 2 – цикл шага опережающей секции крепи, 3 – цикл шага отстающей секции крепи.

Перевод в начальную позицию необходим после транспортировки и хранения функционального макета, так как для правильного выполнения шага секцией крепи каждая подвижная опора (поз. 6 рис. 2) должна находиться в среднем положении. При выполнении программы перевода в начальную позицию все подвижные опоры переводятся в среднее положение, а сервоприводы передвижки в крайнее положение, соответствующие минимальному выходу подвижной опоры имитатора гидравлического цилиндра.

Эксперименты с функциональной моделью МШК в масштабе 1:20 позволили на практике показать возможность постоянного поддержания кровли в процессе передвижки МШК (функциональная модель способна выходить из под объектов, расположенных на нее сверху не перемещая их), определить основные требования к командам пульта управления, выявить оптимальное положение штоков гидравлических цилиндров в опорах секций.

Дистанционно управляемый масштабный материальный макет механизированной шагающей крепи выполнил задачи по экономии средств, времени и выявлению неочевидных при компьютерном моделировании проблем.

Список литературы:

1. Казаченко Г.В. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Горные машины и оборудование» / Казаченко Г.В., Кислов Н.В., Басалай Г.А. - Минск, 2014. - [Электронный ресурс]: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/11306/Gornye_mashiny_i_oborudovanie.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения 20.03.2025).
2. Хайдукова Я.А. Компьютерное моделирование динамики сложных механических систем // Я.А. Хайдукова, М.Г. Попугаев, А.С. Князев, И.А. Жуков. - № 2. - 2016. - С. 28-33. - [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26747950> (дата обращения 20.03.2025).
3. Механизированная шагающая крепь как платформа для создания высокоеффективных 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. Клишин В.И. Разработка технических требований к механизированной шагающей крепи в составе горно-проходческого комплекса / В.И. Клишин, Ю.В. Малахов, С.М. Никитенко, Б.А. Анферов // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – СибГИУ. - № 6. – 2020. – С. 125-130. - [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43934730> (дата обращения 20.03.2025).