

## АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ АВТОМАТИЧЕСКИМ ВЫЕМОЧНЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ ВМФ-6

К.С. Шоланов (КазНТУ им. К.С. Сатпаева), М.И. Арпабеков (ЕНУ им. Л.Н. Гумилева)

Представлена общая структура многоподвижного выемочного машино-манипулятора фронтально-флангово-избирательного действия ВМФ-6 с программным управлением, предназначенного для обработки наклонных и крутонаклонных пластов угля. Показан алгоритм решения прямой и обратной задач кинематики, в соответствии с которым осуществляется управление манипулятором.

Ключевые слова: выемочный манипулятор, синтез, прямая и обратная задача кинематики.

По подтвержденным запасам угля Казахстан занимает 8 место в мире и содержит в недрах 4% от общемирового объема запасов, а среди стран СНГ занимает третье место по запасам и первое место по добыче угля на душу населения. Наиболее ценные для промышленности энергетические и коксующиеся угли сосредоточены на 16 месторождениях.

Основная добыча угля в бассейне приходится на пологие пласты с углом падения до  $18^\circ$ , а добыча угля из наклонных и крутонаклонных пластов составляет  $\leq 7\%$ , тогда как запасы ископаемых в подобных месторождениях превышают 28%. В результате в недрах остаются значительные запасы крутонаклонных и крутых пластов угля. В последнее время в связи с экономическим кризисом возникла необходимость вновь вернуться к проблемам разработки крутонаклонных и крутых пластов. Поэтому проблема разработки локальных участков со сложными горно-геологическими условиями с применением селективной выемки приобретает особую актуальность.

Анализ потерь угля под землей и состояния технологии и уровня механизации очистных работ, из-за несовершенства которых происходят потери угля, выявил необходимость создания средств механизации универсального назначения с широким диапазоном области применения выемочных машин-манипуляторов фронтально-флангово-избирательного действия ВМФ. Были разработаны, а затем внедрены на шахтах г. Караганды первые ВМФ, сконструированные на базе проходческих комбайнов.

Дальнейшим развитием выемочных манипуляторов типа ВМФ стали манипуляторы ВМФ-6, характеризующиеся наличием программного управления, уменьшением динамических нагрузок и совершенствованием конструкции. Горный автоматический выемочный манипулятор ВМФ-6 предназначен для выемки угля в очистном забое наклонных и крутонаклонных пластовых месторождений полезных ископаемых мощностью 1,5...7,0 м со сложными горно-геологическими условиями.

На рис. 1 представлена структура нового класса параллельного многоподвижного манипулятора ВМФ-6 с замкнутыми кинематическими цепями горного выемочного манипулятора (рис. 1), полученного в результате синтеза неполных механизмов переноса (возможно разных типов, например, СФГ-3 и СФГ-2 – стержневая функциональная группа), соединительного звена (СЗ), приводной пары поступательного движения [1, 2]. На рисунке выделены звенья, движения

которых в направлениях, указанных стрелками, осуществляются посредством приводов, то есть стрелки проставлены возле приводных кинематических пар.

Механизм привода резцовой коронки (исполнительного органа корончатого типа со встроенным гидроприводом) имеет шесть степеней свободы. Коронка может переноситься вместе с осью АВ и вращаться вокруг собственной оси. При этом соединительное звено имеет переменную длину за счет призматического соединения.

Работа манипулятора реализуется в соответствии с алгоритмом решения прямой и обратной задачи кинематики: по геометрическим параметрам механизмов переноса СФГ вычисляется положение резцовой коронки и, наоборот, по координатам резцовой коронки рассчитываются значения параметров СФГ. Исходными данными для расчетов являются: вид первой и второй СФГ; параметры, характеризующие расположение СФГ; параметры соединительного звена; начальные значения обобщенных координат; приращения обобщенных координат определяются в зависимости от числа положений, для которых решается задача.

Задача сводится к вычислению координат выходных точек каждого из СФГ в зависимости от вида СФГ. Затем определяются координаты характеристической точки рабочего органа и ориентация соединительного звена относительно базовой системы координат.

Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора ВМФ-6 осуществляется в соответствии с разработанным алгоритмом и реализующей его программой. При этом алгоритм решения обратной задачи кинематики для манипулятора ВМФ-6 позволяет произвести кинематический синтез, то есть выбор вида СФГ и его геометрических параметров для выполнения роботом конкретных операций [1].

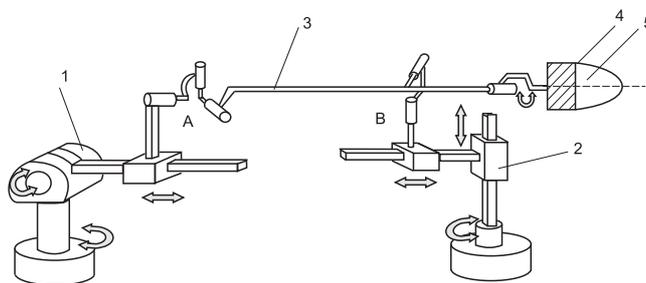


Рис. 1. Параллельный многоподвижный горный выемочный манипулятор ВМФ-6, где 1 – СФГ-3; 2 – СФГ-2; 3 – соединительное звено АВ; 4 – погружной шнек; 5 – резцовая коронка

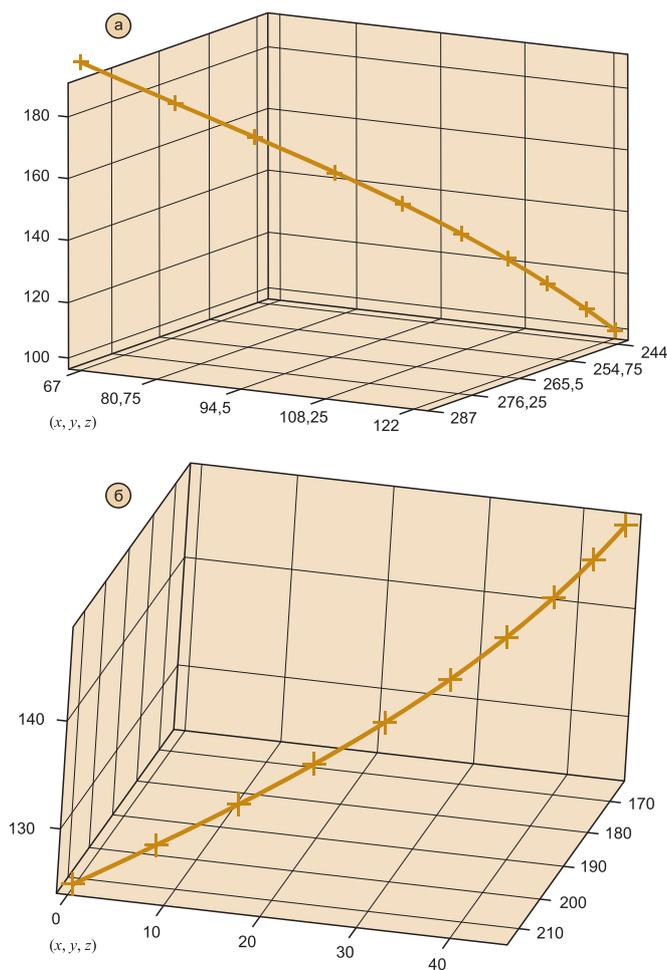


Рис. 2. Траектория движения характеристической точки ВМФ-6, образованного: (а) из СФГ-1 и СФГ-4, (б) из двух СФГ-5

На рис. 2 представлены траектории движения характеристической точки манипулятора ВМФ-6, полученные в соответствии с алгоритмом решения прямой задачи кинематики для различных видов СФГ.

В основу управления манипулятором положен принцип программного управления исполнительным органом с помощью профилированных кулачков и регулирования нагрузки двигателя привода резания по току путем изменения скорости подачи. В качестве датчика положения и преобразователей угловых перемещений исполнительного органа служат сельсины, один из которых служит для задания, а другой для определения фактического положения исполнительного органа. Сигнал рассогласования между заданным им фактическим положением усили-

вается двухкаскадным усилителем мощности и через фазочувствительный усилитель подается на следящие приводы. Следящие приводы преобразуют электрические сигналы и механические перемещения золотника гидроусилителя, осуществляющего подачу масла в гидроцилиндры подачи исполнительного органа.

В манипуляторе используется система программного управления с непрерывным слежением, позволяющая задавать траектории движения исполнительного органа произвольного вида.

На рис. 3 приведена опытная модель одного из возможных исполнений горного выемочного шести-подвижного манипулятора ВМФ-6, отличительной особенностью которой является расположение рабочего органа между точками соединения с неполными СФГ. При таком расположении достигаются наиболее благоприятные условия по нагрузкам на приводы. Опытная модель позволяет экспериментально подтвердить факт повышения грузоподъемности и жесткости. Простое размещение грузов различных масс на соединительное звено показало, что несущая способность конструкции увеличилась в 100 раз. Для сравнения принята грузоподъемность учебного манипулятора с одним СФГ, конструкция которого использована при сборке опытной модели.

Таким образом, представлен новый горный выемочный манипулятор, входящий в состав роботизированного селективного комплекса (КРС). Новизна работы состоит в том, что впервые в безлюдной выемке будет применяться шестиподвижный горный выемочный автоматический манипулятор с замкнутыми кинематическими цепями. Предлагаемый манипулятор впервые внедряется в горнодобывающей

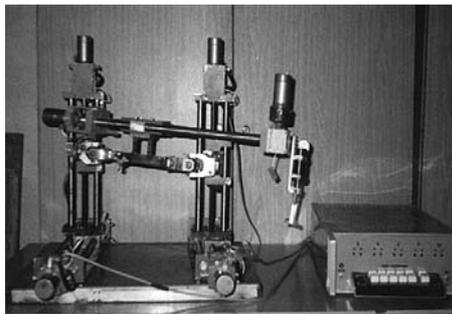


Рис. 3. Опытная модель шестиподвижного механизма манипулятора

отрасли. В настоящее время в Карагандинском угольном бассейне совместно с ОАО "Испат-Кармет" проводятся подготовительные опытно-конструкторские работы, результатом которых станет изготовление опытного экспериментального образца.

Предлагаемый выемочный манипулятор ВМФ-6 имеет высокую точность позиционирования, большую жесткость и надежность продольной силовой устойчивости.

**Список литературы**

1. Шоланов К.С. Многоподвижные механизмы с замкнутыми кинематическими цепями. Алматы: Гылым. 1999.
2. Ермеков Т.Е., Шоланов К.С., Арпабеков М.И. Научные основы решения, а также обоснование параметров горных и строительных робототехнологических комплексов. Алматы. Изд. Эверо. 2009.

*Шоланов Коргаабай Сагнаевич – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой "Робототехники и механотроники" Казахский Национальный технический университет им. К.С. Сатпаева, Арпабеков Муратбек Ильясович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Транспортные системы", Евразийский национальный университета им. Л.Н. Гумилева. Контактный телефон (717) 236-96-45. E-mail: arpabekov\_m@mail.ru*