

Изменение позволит равномерно распределить нагрузку на все узлы конструкции звена, как этого требуют конструкционные характеристики каждого из элементов, и в результате такого распределения нагрузки мы получим увеличение сроков эксплуатации, сокращение трудозатрат на содержание путевого хозяйства и, как следствие, сокращение объемов капитального ремонта пути.

Список литературы

1. ПТЭ железных дорог РФ / Минтранс России. М., 2012.
2. Надежность железнодорожного пути / под ред. В.С. Лысюка. М.: Транспорт, 2001. 286 с.
3. Ребрин Ю.И. Управление качеством: учеб. пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 174 с.

УДК 681.587: 519.876.5

А.Д. Волощук, И.Г. Жиденко, И.М. Кутлубаев, Е.Г. Филиппов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ЗАДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА АНТРОПОМОРФНОГО МАНИПУЛЯТОРА

Рассмотрен механизм, аналогичный руке человека, способный копировать движения оператора на расстоянии. Составлены кинематическая схема задающего устройства, передающего управляющие сигналы на механизм и математическая модель определения движений оператора.

В настоящее время ведутся активные исследования по созданию механических систем, способных совершать активные действия, аналогичные выполняемым человеком [1]. Основная сфера использования таких систем – работа в неблагоприятных для человека условиях: в космосе, под водой, в агрессивной среде промышленных зон и т.д. Характерной особенностью является неопределенность возникающих ситуаций и их непрерывное изменение.

В основе построения исполнительной части манипулятора лежит кинематическая схема, аналогичная руке человека и имеющая не менее семи степеней подвижности (рис. 1). Три основных звена соединены между собой вращательными парами: A_i – вращательные кинематические пары V класса с поперечной осью вращения, ($i = 1, \dots, 3$); V_j – вращательные кинематические пары V класса с продольной осью вращения ($j = 1, \dots, 3$).

Для данных условий наиболее предпочтительным является использование для управления механической системой интерактивных режимов [3].

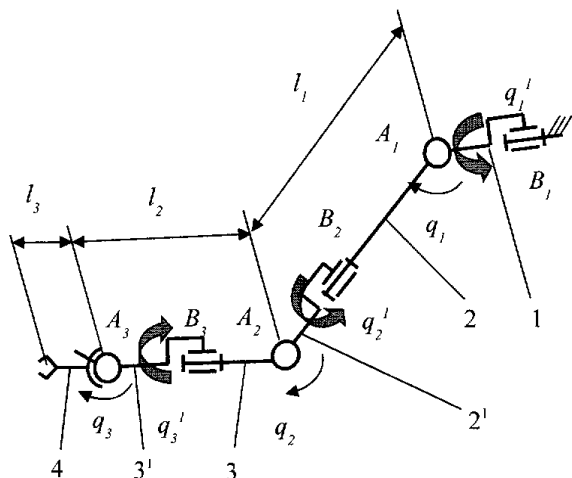


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора: 1 – плечо; 2 и 2¹ – предплечье; 3 – локоть; 3¹ – запястье; 4 – кисть

Для управления такой механической системой необходимо создать задающее устройство, снимающее показания действий оператора и передающее управляющее воздействие на исполнительную часть манипулятора.

К задающему устройству предъявляются повышенные требования по комфортности и точности «чтения» задающих движений в суставах человека. Относительно просто данные вопросы решаются с локтевым суставом, являющимся кинематической парой пятого класса. Существенно сложнее обстоит вопрос с определением изменения обобщенных координат в плечевом и кистевом суставах, являющихся вращательными кинематическими парами третьего класса. Имеющиеся на сегодняшний день конструктивные решения имеют значительную массу и/или сложную конструкцию.

Для более точного определения углов относительного поворота в плечевом суставе человека предлагается использовать конструкцию, представленную на рис. 2. Кинематическая цепь руки человека (условимся называть ее основной) в части: «предплечье» (звено 0) – плечевой сустав (вращательная пара O) – «плечо» (звено 1) – локтевой сустав (вращательная пара C) «локоть» (звено 2), соединяется с «считывающим» механизмом: стойка 0 – вращательная пара B – звено 3 – поступательная пара E – звено 4 – вращательная пара D – звено 2. Положение пары B относительно пары A определяется постоянными параметрами: X_b , Y_b , Z_b . Оси вращения пар C и D соосны.

Координаты точки C определяются углами относительного поворота звена 1: q_1 , q_2 , q_3 , прямой замер которых затруднителен. Однако их значе-

ние можно вычислить через обобщенные координаты, определяющие относительные движение звеньев 3 и 4 (q_4, q_5, h) «считывающего» механизма.

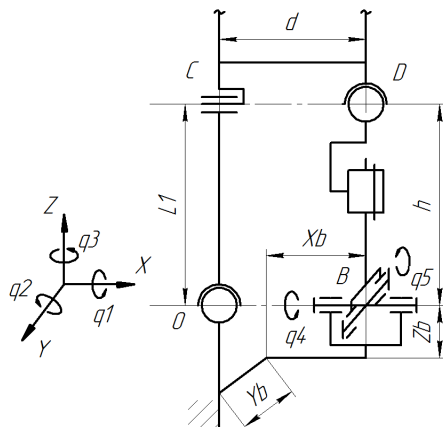


Рис. 2. Кинематическая схема механизма определения углов поворота в плечевом суставе

Одним из наиболее удобных и общих методов получения уравнений кинематики для плоских и пространственных механизмов является метод преобразования координат [2]. В соответствии с этим методом получили следующую систему уравнений для определения углов относительных поворотов в плечевом суставе:

$$\begin{aligned} X_b + \sin q_5 * h &= \sin q_2 * l_1 + \cos q_2 * \cos q_3 * d; \\ Y_b + (-\sin q_4) * \cos q_5 * h &= (-\sin q_1) * \cos q_2 * l_1 + \\ &+ (-\sin q_1) * (-\sin q_2) * \cos q_3 * d + \cos q_1 * \sin q_3 * d; \\ Z_b + \cos q_4 * \cos q_5 * h &= \cos q_1 * \cos q_2 * l_1 + \\ &+ \cos q_1 * (-\sin q_2) * \cos q_3 * d + \sin q_1 * \sin q_3 * d. \end{aligned} \quad (3)$$

Параметры q_4, q_5, h измеряются датчиками, фиксирующими относительные положения звеньев. Постоянные параметры, определяющие конструкцию: X_b, Y_b, Z_b, d, l_1 , принимаются на этапе конструирования.

Использование предлагаемой конструкции позволяет оператору управлять манипулятором с большей точностью и в более комфортных условиях.

Список литературы

1. Попов Л. Второй Robonaut принял эстафету в надежде заменить человека// membrana [сайт]. URL: <http://www.kakprosto.ru/kak-45513-kak-oformit-v-spisok-literatury-ssylku> (дата обращения 12.03.2013).

2. Макаров А.Н., Кутлубаев И.М., Усов И.Г. Основы механики многодвигательных машин. Магнитогорск: МГТУ им Г.И. Носова, 2006. 194 с.
3. Создание и исследование робототехнической системы с интерактивным управлением / Богданов А.А., Жиденко И.Г., Кутлубаев И.М., Сычков В.Б. // Решетневские чтения: материалы XVI Междунар. науч. конф., посвящ. акад. М.Ф. Решетневу (7–9 ноября 2012, г. Красноярск): в 2 ч. / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова; Сиб. гос. аэрокосм. ун-т. Красноярск, 2012. Ч. 1. С. 230–231.

УДК 622.271.326:622.673

С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, Н.Г. Томилина, А.В. Генкель

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРУТОНАКЛОННЫХ ПОДЪЕМНИКОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ СПОСОБЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В статье предложена экономика-математическая модель расчета затрат на транспортирование горной массы по базовым технологическим схемам с применением крутонаклонных подъемников при комбинированном способе разработки месторождения, позволяющая выбрать наиболее целесообразную схему разработки месторождения при конкретных условиях.

Переход на подземный способ доработки месторождения обуславливается ростом затрат на транспортирование горной массы с увеличением глубины карьера. Мировой опыт разработки глубоких горизонтов карьера показывает, что наиболее эффективными являются технологические схемы комбинированного транспорта с применением крутонаклонных подъемников [1–3]. Возможность применения и выбор типа подъемника во многом зависят от горнотехнических, горно-геологических и экономических факторов [4]. Для оценки эффективности изменения схемы вскрытия глубоких горизонтов карьера предложено сравнение затрат на добычу руды при традиционной и рекомендованных схемах вскрытия. В традиционных схемах глубокие горизонты вскрываются наклонными съездами с применением автомобильного или комбинированного, например автомобильно-железнодорожного, автомобильно-конвейерного или автомобильно-скипового, транспорта. В ходе исследований выделены шесть базовых технологических схем [5] и соответственно экономика-математических моделей по вариантам вскрытия глубоких горизонтов карьера с расположением подъемников в: I – открытых горных выработках (технологические схемы 1 и 2); II – подземных горных выработках (технологические схемы 3 и 4); III – открытых и подземных горных вы-