

**Использование дифференциальных уравнений движения при решении прямой и обратной задачи динамики манипулятора**

Анципорович П.П., Акулич В.К., Дубовская Е.М., Ратников А.В.  
Белорусский национальный технический университет

Основными задачами динамики манипуляторов являются: 1) определение моментов приводных двигателей при известных обобщенных координатах и их производных (например, из заданного закона движения схвата вдоль его траектории), и 2) определение обобщенных координат и их производных, а также соответствующего закона движения схвата вдоль траектории при известных движущих моментах приводных двигателей. Для решения этих задач используются дифференциальные уравнения движения звеньев манипулятора. Для манипулятора с тремя степенями свободы ( $B \perp B \parallel B$ ), работающего в ангулярной системе координат, получена система из трех дифференциальных уравнений второго порядка в форме уравнений Лагранжа второго рода. Для составления этих уравнений решается прямая задача кинематики манипулятора с целью получения выражений координат центров масс звеньев и центра схвата, а также линейных и угловых скоростей и ускорений точек и звеньев. Для определения кинематических характеристик используется метод преобразования координат. Обобщенными координатами являются углы относительного поворота звеньев. Обобщенная движущая сила  $Q_i$ , соответствующая обобщенной координате  $q_i$ , складывается из движущей силы  $Q_{gi}$  (управляющего момента по координате  $q_i$ ), а также из слагаемых от сил тяжести звеньев. Для получения выражений кинетической энергии звеньев манипулятора и транспортируемого объекта используется векторно-матричное представление формул. Для решения первой задачи динамики решается система алгебраических уравнений, а для решения второй задачи выполняется численное интегрирование системы дифференциальных уравнений. Для программной реализации алгоритмов интегрирования полученная система приводится к системе из шести дифференциальных уравнений первого порядка. Для определения погрешностей позиционирования схвата находятся движущие моменты приводных двигателей путем решения задач кинестатического расчета. Затем определяются обобщенные координаты и их производные в результате интегрирования системы дифференциальных уравнений. Далее путем решения прямой задачи кинематики определяется траектория движения схвата и выполняется оценка отклонения полученной траектории от заданной.