

УДК 004.021

## МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ

**Довгополик И.С.** (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**Научный руководитель – к.т.н. Борисов О.И.**

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**Аннотация.** В докладе представлен метод энергетической оптимизации планирования движения многозвенных робототехнических систем в конфигурационном пространстве для методов на основе графов. Оптимизация базируется на модификации функций перехода между состояниями.

**Введение.** В мировом сообществе наблюдается стремительная тенденция к росту потребления робототехнических решений в различных сферах человеческой деятельности. Задача планирования движения, захвата и перемещения объектов является одной из самых распространённых робототехнических задач, особенно для многозвенных систем. Из-за высокой востребованности алгоритмы постоянно совершенствуются для достижения лучших показателей работы системы. Эти показатели определяются типом робота и областью применения алгоритмов, это могут быть быстрдействие и ресурсоэффективность, точность перемещения, отработка характерного движения (движения как у человека, в случае с антропоморфными роботами, например) и др. Одним из наиболее актуальных показателей в наше время является потребление энергии. Чаще всего, критерием оптимизации алгоритмов планирования пути выступает длина. В случае с мобильными роботами, как правило, длина пропорциональна количеству затрачиваемой энергии, поэтому вопрос оптимизации её потребления рассматривается редко. Тем не менее, подходы по созданию энергоэффективных траекторий движения разрабатываются. На данный момент, решения этой проблемы лежат в области интерполяции и аппроксимации пути с целью достижения наиболее гладкой траектории, что снижает энергопотребление за счёт уменьшения количества включений/выключений приводов системы. Главное различие между планированием движения для мобильных и многозвенных роботов заключается в том, что оно происходит в разных пространствах: для мобильных используется рабочее пространство, для многозвенных – конфигурационное. Многозвенный робот является точкой в конфигурационном пространстве, поэтому для него можно ввести характеристику длина пути в конфигурационном пространстве, которая будет определяться как сумма функций перехода между конфигурациями робота (если используется граф для построения пути). Однако не является очевидным обеспечивает ли оптимизация пути по длине в конфигурационном пространстве самое короткое, самое быстрое или самое энергоэффективное движение робота в рабочем пространстве. Цель данной работы заключается в исследовании алгоритмов оптимизации планирования пути для определения их энергоэффективности и поиск путей оптимизации потребления энергии многозвенными робототехническими системами.

**Основная часть.** Нагрузка по звеньям робототехнической системы различна. Сочленение первого звена робота в качестве нагрузки имеет весь вес конструкции и полезную нагрузку в терминальном звене. Следующее сочленение имеет нагрузку как первое за вычетом инерции первого звена. Наименее нагруженным является терминальное звено. Оптимизация пути в конфигурационном пространстве по длине позволяет уменьшить количество потребляемой энергии за счёт уменьшения функции перехода между состояниями в пути (графе). Но при таком методе оптимизации не учитывается распределение нагрузки в работе. Предлагается учитывать распределение нагрузки путём умножения функций перехода на весовые коэффициенты. Количество коэффициентов системы с  $n$  степенями свободы должно быть

равно  $n$ . Для первого звена такой коэффициент равен 1, для каждого последующего он уменьшается вплоть до терминального звена. Поиск пути выполняется для функций перехода, умноженных на весовые коэффициенты. Таким образом при оптимизации планирования движения будет учтена кинематика робота, энергетическая стоимость перемещения для каждого звена.

**Выводы.** Предложенный подход по оптимизации потребления энергии многозвенными робототехническими системами апробирован при моделировании работы трехзвенного робота. Результаты показывают, что полученные траектории являются более энергоэффективными, чем при простой оптимизации по длине пути. Дальнейшим шагом является экспериментальная апробация на реальном роботе и уточнение значений весовых коэффициентов.