

УДК 531.8+62-50

М. В. Демидюк<sup>✉</sup>, Б. А. Литвин

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СТОП І ЗАКОНІВ РУХУ ДВОНОГОГО КРОКУЮЧОГО РОБОТА

*Досліджується задача сукупної оптимізації лінійних розмірів стоп і законів руху двоногого крокуючого робота. Робот моделюється плоскою системою дев'яти твердих тіл, хода розглядається на проміжку подвійного кроку, де враховуються основні ритмічні, кінематичні та динамічні умови антропоморфного переміщення. На опорні реакції стоп накладаються двосторонні нестационарні обмеження, за критерій оптимальності руху системи вибирається квадратичний (за керуваннями) функціонал. Запропоновано алгоритм побудови субоптимального розв'язку задачі, який ґрунтується на апроксимації узагальнених координат робота кубічними згладжувальними сплайнами з невідомими параметрами, а також використанні чисельних процедур нелінійного програмування.*

**Ключові слова:** хода двоногого робота, математичне моделювання, оптимальне керування, оптимізація розмірів стоп, сплайн-апроксимація, параметрична оптимізація, нелінійне програмування.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СТОП И ЗАКОНОВ ДВИЖЕНИЯ ДВУНОГОГО ШАГАЮЩЕГО РОБОТА

*Исследуется задача совокупной оптимизации линейных размеров стоп и законов движения двуногого шагающего робота. Робот моделируется плоской системой девяти твердых тел, ходьба рассматривается на интервале двойного шага, где учитываются основные ритмические, кинематические и динамические условия антропоморфного перемещения. На опорные реакции стоп накладываются двусторонние нестационарные ограничения, в качестве критерия оптимальности движения системы выбирается квадратичный (по управлениям) функционал. Предложен алгоритм построения субоптимального решения задачи, основанный на аппроксимации обобщенных координат робота кубическими сглаживающими сплайнами (с неизвестными параметрами) и использовании численных процедур нелинейного программирования.*

**Ключевые слова:** ходьба двуногого робота, математическое моделирование, оптимальное управление, оптимизация размеров стоп, сплайн-аппроксимация, параметрическая оптимизация, нелинейное программирование.

## OPTIMIZATION OF THE FEET PARAMETERS AND MOTION LAWS OF THE BIPEDAL WALKING ROBOT

*The problem of joint optimization of the feet linear dimensions and motion laws of the bipedal walking robot is investigated. The robot is modeled as a plane system of nine rigid bodies, the gait is considered on double stride period, where main rhythmic, kinematic and dynamic conditions of anthropomorphic displacement are taken into account. The bilateral nonstationary restrictions are imposed on the feet support reactions, the quadratic functional (in terms of control) is chosen as an optimality criterion of the system movement. The algorithm of construction of the suboptimal solution of the problem, based on approximation of the generalized coordinates of the robot by the cubic smoothing splines (with unknown parameters) and the using of the numerical procedures of nonlinear programming is proposed.*

**Key words:** bipedal robot gait, mathematical modeling, optimal control, optimization feet sizes, spline approximation, parametric optimization, nonlinear programming.

Ін-т прикл. проблем механіки і математики  
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів

Одержано  
10.08.19

✉ m\_demydyuk@ukr.net