

- получить условия, гарантирующие существование оптимальных решений задачи (2);
- сформулировать условия оптимальности для задачи (2).

Некомпактность множества индексов является существенным фактором, который не позволяет применить имеющиеся в литературе результаты [1, 2]. В связи с этим тема исследования является актуальной, а полученные результаты — новыми, они могут быть использованы в дальнейших исследованиях параметрических задач полубесконечного программирования.

Библиографические ссылки

1. *Bonnans J.F., Shapiro A.* Perturbation analysis of optimization problems. Springer-Verlag: New-York, 2000.
2. *Goberna M.A., Lopez M. A.* Linear Semi-Infinite Optimization. Wiley: Chichester, 1998.
3. *Kostyukova O.I., Tchemisova T.V., Kurdina M.A.* A study of one class of NLP problems arising in parametric Semi-Infinite Programming // Optimization Methods and Software. 2017. Vol. 32. Iss. 6. P. 1218–1243.

О СТАБИЛИЗАЦИИ СТАЦИОНАРНЫХ ДВИЖЕНИЙ НЕГОЛОНОМНЫХ СИСТЕМ С НЕОДНОРОДНЫМИ СВЯЗЯМИ ПРИ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ

А. Я. Красинский^{1,2}, Э. М. Красинская

¹ Московский государственный университет пищевых производств МГУПП,
Волоколамское шоссе 11, 125080 Москва, Россия

² МАИ, Волоколамское шоссе 4, 125993 Москва, Россия
krasinsk@mail.ru

Неголономные системы служат базовыми моделями многих современных технических устройств (мобильные роботы и пр.). Основные результаты по исследованию динамики (в частности, устойчивости) относятся к неголономным системам с однородными связями. В отличие от систем с однородными связями, установившиеся движения неголономных систем в случае неоднородных связей могут быть как изолированными, так и располагаться на многообразиях некоторых размерностей. Это приводит к большому разнообразию возможных постановок задач устойчивости и стабилизации движений неголономных

систем с неоднородными связями. Кроме того, для таких систем структура уравнений возмущенного движения значительно усложняется по сравнению со случаем однородных связей. Существенный вклад в это усложнение вносит изменение структуры членов неголономности. Все это требует дальнейшей разработки строгих методов получения полных нелинейных моделей динамики неголономных систем с неоднородными связями. В случае неполной информации о состоянии адекватность математических моделей нелинейных систем получает особую важность. В таких задачах математическая модель используется не только на этапе проектирования системы управления объектом, но и во все время его функционирования для получения оценки фазового состояния объекта по обработке текущей измерительной информации.

В докладе представлено применение нелинейных векторно-матричных уравнений Воронца в переменных Рауса к моделированию динамики неголономных систем с неоднородными связями. Такая форма математической модели позволяет анализировать структуру уравнений возмущенного движения и может служить основой для развития различных способов стабилизации установившихся движений. Предлагается использование методов аналитической механики для упрощения исследования устойчивости и стабилизации за счет рационального выбора типа переменных, форм уравнений, линейных подсистем и, соответственно, линейных управляющих воздействий. При наличии нулевых корней устойчивость для полной нелинейной системы, замкнутой найденным управлением, следует из теоремы Ляпунова - Малкина [1] при приведении системы к особенному случаю. Развиваемая методика позволяет наиболее полно использовать свойства устойчивости по некоторым переменным самой системы и автоматизировать решение задач стабилизации установившихся движений в разных программных средах [2, 3] для сложных технических устройств. Предлагаемый метод использован для решения задачи стабилизации при неполной информации стационарных движений симметричного гиростата, подвешенного на жестко заделанной в него нескручиваемой струне [4], верхний конец которой заделан во вращающийся с постоянной скоростью вал. Стабилизирующее воздействие на гиростат реализуется за счет подходящим образом организованного управляемого движения симметричного маховика гиростата. В качестве управления использовано дополнительное напряжение на якорной обмотке приводного двигателя маховика гиростата. С учетом динамики исполнительного привода решена задача стабилизации для нескольких вариантов вектора изме-

рений. Коэффициенты управления и системы оценивания определены решением соответствующих линейно-квадратичных задач [5]. Получены графики переходных процессов в замкнутой найденным управлением полной нелинейной системе.

Библиографические ссылки

1. *Малкин И.Г.* Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966.
2. *Красинский А.Я.* Модуль по автоматизации исследования устойчивости нелинейных систем. Главное государственное патентное агентство республики Узбекистан. Решение о государственной регистрации компьютерной программы DGU 20050097.
3. *Красинский А.Я., Иофе В.В., Каюмова Д.Р., Халиков А.А.* Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2011615362. Российская Федерация. Программное составление уравнений движения и исследование стабилизации механических движений.
4. *Румянцев В.В.* К динамике твердого тела, подвешенного на струне // Изв. АН СССР. МТТ. 1983. №4. С. 5-15.
5. *Красовский Н.Н.* Проблемы стабилизации управляемых движений // Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966. С. 475–514.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЕЛЬТА-РОБОТА ПРИ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ

А.Я. Красинский^{1,2} А.С. Рукавишников³

¹ Московский государственный университет пищевых производств МГУПП,
Волоколамское шоссе 11, 125080 Москва, Россия

² МАИ, Волоколамское шоссе 4, 125993 Москва, Россия
krasinsk@mail.ru

³ ООО «САУНО», Москва, Россия
nasty.ruka@mail.ru.com

Для автоматизации тяжелых, вредных, утомительных и монотонных работ в различных отраслях промышленности широко используются роботы-манипуляторы с различными типами исполнительных приводов. Современный уровень развития электроники и программного обеспечения создают возможности использования для формирования алгоритмов управления последних достижений математической теории управления при неполной информации. Наиболее развитыми системами обработки информации в контуре управления обладают манипуляторы, в которых применяются электроприводы. В таких исполнительных приводах достаточно просто может быть реализован алгоритм формирования управления практически любой сложности. Но