

Анализ точности алгоритма имитации невесомости на центрифуге

Научный руководитель – Лемак Степан Степанович, Бугрий Григорий Степанович

Макарова Анна Игоревна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: annamakarova15@mail.ru

В программу подготовки космонавтов включены тренировки, направленные на повышение устойчивости организма к перегрузкам. При выводе космического аппарата на орбиту перегрузка резко падает до нуля, и наступает невесомость. Невесомость — состояние, при котором гравитационные силы не вызывают взаимных давлений частей тела друг на друга, что оказывает значительное влияние на вестибулярную и кровеносную системы человека. У космонавтов происходит сенсорный конфликт и перераспределение жидких сред в организме [1], что приводит к ухудшению их самочувствия и затруднениям при выполнении поставленных перед ними задач.

Был разработан алгоритм имитации вектора перегрузки на центрифуге ЦФ-18 [2], с последующей его модификацией [3, 4] для имитации сенсорного конфликта. Его используют для подготовки человека к орбитальному полёту в настоящее время. Однако эксперименты на центрифуге показали наличие шума и ошибок в реализации проекций перегрузки. В данной работе для коррекции алгоритма была построена линеаризованная модель системы с учетом аддитивных возмущений, представляющих собой белый шум. Модель описывает отклонения проекций перегрузки от идеальных значений и позволяет исследовать характер ошибок.

Для стабилизации системы предложено дополнительное управление u , которое минимизирует квадратичный функционал качества:

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_k} (x^T G x + u^T N u) dt \rightarrow \min_{u(\cdot)}.$$

Посредством данного управления возможна корректировка движения для минимизации ошибок при имитации невесомости. Задача квадратичной стабилизации заключалась в решении матричного уравнения Риккати [5] и анализе зависимости оптимального управления от параметров системы (матриц G и N), которые были выбраны с учетом их размерности после масштабирования. В дальнейшем планируется рассмотреть функционал с терминальной частью и исследовать её влияние на формирование управления.

Источники и литература

- 1) О. Газенко, В. Лукьянчиков, В. Корольков Физиологические проблемы невесомости. М.: Изд-во Медицина, 1990. 288 с.
- 2) Александров В. В. и др. Математические задачи динамической имитации аэрокосмических полётов. М.: Изд-во МГУ, 1995. 160 с.
- 3) В. В. Александров, С. С. Лемак Алгоритмы динамической имитации для стенда-тренажёра пилотируемых полетов на базе центрифуги с управляемым кардановым подвесом // Фундаментальная и прикладная математика, 2018, том 22, выпуск 2. С. 19-32.

- 4) В. А. Садовничий, В. В. Александров, Т. Б. Александрова, Т. Г. Астахова, Ю. О. Мамасуева, Л. И. Воронин, А. В. Мамасуев Математическое моделирование физиологических систем и динамическая имитация сенсорного конфликта невесомости // *Фундаментальная и прикладная математика*, 1997, том 3, выпуск 1. С. 129–147.
- 5) В. В. Александров, С.С. Лемак, Н.А. Парусников Лекции по механике управляемых систем. М.: МАКС Пресс, 2012. 238 с.