

**ОТЗЫВ на АВТОРЕФЕРАТ**  
**докторской диссертации А.В.ЯСКЕВИЧА**  
**«Компьютерные модели динамики стыковки и**  
**причаливания космических аппаратов»**

Полноценный анализ динамики сложных управляемых механических процессов, каковыми являются стыковка и причаливание космических аппаратов, практически невозможен без использования соответствующих корректных и детальных математических моделей. При этом весьма желательно, а иногда необходимо, чтобы их расчет мог быть выполнен с максимальной скоростью в реальном времени. Вплоть до настоящего времени публикации, посвященные таким моделям, практически отсутствуют, что определяет несомненную актуальность выбранной автором темы исследования.

Первая половина работы описывает общую методологию разработки корректных, детальных и вычислительно эффективных моделей динамики стыковки и причаливания. Автор указывает, что корректность моделирования обеспечивается только при описании движения стыковочных механизмов дифференциальными уравнениями, учитывающими все степени их свободы. Им предлагаются комбинации наиболее быстрых векторно-матричных алгоритмов составления и решения таких уравнений для двух основных классов стыковочных механизмов с учетом их сложной кинематики. При этом скорость вычислений может быть еще увеличена за счет перехода к скалярной форме записи этих уравнений для конкретных механизмов. Детальность описания процессов стыковки и высокую скорость вычислений обеспечивают также модели и алгоритмы расчета потерь энергии в кинематических цепях стыковочных механизмов, расчета упругих деформаций стыкуемых космических аппаратов на основе параметров их конечно-элементных моделей, контактных реакций при взаимодействии сложных поверхностей стыковочных агрегатов.

Далее рассматриваются модели динамики стыковки с использованием двух типов стыковочных агрегатов, разработанные на основе общей методологии. Новизна этих моделей определяется уникальными особенностями используемых стыковочных механизмов. Детальность моделирования этих особенностей в механизме центрального типа позволила обеспечить соответствие результатов моделирования экспериментальным данным, выявить ограничения его кинематической схемы и предложить ее модификации. Для периферийного стыковочного механизма предложен новый принцип функционирования, новая модель динамики его платформы с дифференциальными шарнирами, новые модели устройств демпфирования и стягивания. Исследование динамики стыковки с использованием этих механизмов подтвердило более широкие возможности их применения по сравнению с существующими.

Для воспроизведения в реальном времени причаливания космических аппаратов с помощью манипулятора автор впервые предложил использовать гибридное моделирование с использованием реальных агрегатов и 6-степенного станда. Для этого им была разработана модель динамики манипулятора и переносимого им полезного груза, которая может быть рассчитана в реальном времени. Для нее характерны новый способ объединения уравнений динамики звеньев с уравнениями приводов для реализации схемы неявного интегрирования, применение матрицы жесткости исполнительного механизма для описания его деформаций и новый способ ее расчета. Коротко описывается схема станда и процесс гибридного моделирования причаливания модуля МИМ-1 к космической станции.

Возможность оперативного анализа большого объема данных, получаемых с помощью каждой модели, обеспечивается применением принципиально новых компьютерных программ интегрального отображения разнородной информации с учетом особенностей конкретных моделируемых процессов.

Таким образом, описанная в автореферате методология моделирования динамики стыковки и причаливания космических аппаратов характеризуется научной новизной и практической направленностью.

Считаю, что работа «Компьютерные модели динамики стыковки и причаливания космических аппаратов» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика, а ее автор, **Андрей Владимирович ЯСКЕВИЧ**, достоин присуждения ему искомой ученой степени.

В заключение отзыва можно сделать одно незначительное замечание: Желательно было бы кратко пояснить причину выбора алгоритмов составного тела и присоединенного тела для моделирования динамики стыковочных механизмов.

Доктор физ.-мат. наук, профессор,  
профессор кафедры теоретической  
и прикладной механики мат.-мех.  
факультета Санкт-Петербургского  
государственного университета  
10 марта 2021 г.

М.П. Юшков

Тел. 8-921-570-27-67  
E-mail: yushkovmp@mail.ru  
199034, Санкт-Петербург,  
Университетская наб., д. 7-9

*Документ подготовлен в  
индивидуальной картотеке.*

*Личную копию Юшкове М.П.  
предоставлено*

