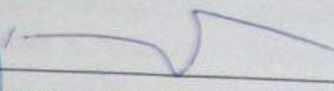




УТВЕРЖДАЮ:


Проректор по научной работе и
инновационно-коммуникативным технологиям
Балтийского государственного технического
университета «Военмех» им. Д.Ф.Устинова
Матвеев С.А.

Отзыв

ведущей организации – Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова на диссертацию Зуева С.М. «Стабилизация положений равновесия нагруженных модификаций платформы Стюарта», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Динамика технических систем типа стендов-тренажеров для имитации аэрокосмических полетов и подготовки пилотов, манипуляторов для сборочных, погрузо-разгрузочных работ и т.п. начиная с 50-х годов прошлого века стала одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений механики. Среди таких устройств, приобрели популярность механизмы с шестью степенями свободы на базе, так называемой, платформы Стюарта. Расширение области использования подобных комплексов, усложнение действий их работы, необходимость обеспечения устойчивого и надежного функционирования требует постоянного научного сопровождения.

В этой связи рецензируемая диссертация «Стабилизация положений равновесия нагруженных модификаций платформы Стюарта» является актуальной, а результаты теоретических и прикладных исследований, содержащиеся в ней являются важными и востребованными.

В диссертации рассматривается несколько модификаций платформы, применяющихся в реальных конструкциях. В силу своих конструктивных особенностей платформа Стюарта обладает сложной кинематикой и динамикой и потому ее анализ (гл.3,4) предшествуют вспомогательные гл. 1 (моделирование материальной точкой на трех опорах) и гл. 2 (моделирование платформы в форме диска на трех опорах). В обоих случаях механические системы имеют три степени свободы, и их моделирование производится применением аппарата уравнений Лагранжа II рода в обобщенных

координатах и показывается неустойчивость положения равновесия по Ляпунову. Заметим, что это обстоятельство должно следовать из принципа Торичелли. Стабилизировать положение равновесия автор диссертации предлагает путем введения в систему обратной связи и указывает алгоритм механических параметров управления, обеспечивающих асимптотическую устойчивость равновесия в "малых". Управление эвристически принимается линейным по вектору с матричным коэффициентом усиления, который выбирается таким образом, чтобы общая система "развязалась" на независимые подсистемы, для которых достигаются устойчивые равновесия. Такой прием представляется заслуживающим внимания.

Наиболее часто конструкции динамических имитаторов представляют собой подвижные платформы, моделируемые круглым тонким диском, пространственное ориентирование которых осуществляется с помощью шести стержней переменной длины (гл.3.), либо, шестью кривошипно-шатунными опорами (гл.4). В том и в другом случаях кинематика и динамика платформы является весьма сложными и для получения разрешающих уравнений требуется применение современных методов аналитической и вычислительной механики. Как следует из анализа диссертации, эрудиция соискателя в этих вопросах высока. Для вывода уравнений динамики используются обобщенные координаты: линейные координаты центра масс платформы и угловые координаты, определяющие ориентацию платформы в пространстве – углы Крылова А.Н.: тангаж, рыскание и крен. Но сразу заметим, что в работе отсутствуют какие-либо графические материалы, иллюстрирующие взаимное положение неподвижной (Земной) и связанной системой координат, а если еще добавить обозначения ψ_i для углов вместо стандартных θ – крен, ψ – рыскание, γ – тангаж, заметив, что смысл углов Брайнта вообще не разъяснен (рис.5), то все это затрудняет знакомство с диссертацией. Решение задач кинематики и динамики приводится методами классической аналитической механики. Технические трудности, обусловленные громоздкостью записи уравнений для трехножных и шестиножных платформ, преодолеваются применением математических программ символьных вычислений. Платформа Стюарта с шестью степенями свободы на кривошипно-шатунных опорах рассмотрена в упрощенной постановке, при которой пары сервоприводов действуют синхронно. Такая ситуация характерна, например, для систем управления радиотелескопами. Но даже в такой постановке громоздкость получающейся системы уравнений позволили получить явное решение только для первого приближения углов поворота сервоприводов.

Особо следует обратить внимание на приложение А к диссертации, содержащее разработанные соискателем программы для персонального компьютера, позволяющие решать прямую и обратную задачи кинематики для платформ глав 3 и 4 и, что особенно следует подчеркнуть, позволяющие визуальное моделирование процесса решения в режиме анимации. Программа для Windows и сконструированный, представленный в диссертации макет платформы безусловно заслуживают тиражирования для последующего широкого использования в учебных целях, так как представляют физическую иллюстрацию математических результатов теоретической механики. Представляется целесообразным вынесение ряда вопросов в отдельную часть диссертации "Приложения".

Достоверность результатов, как упомянутых выше, так и других, не отмеченных в силу краткости отзыва, сомнений не вызывает. Для их вывода использован арсенал методов современной аналитической и вычислительной механики. Эрудиция автора в этих вопросах высока, результаты теоретического анализа и конкретных расчетов непротиворечивы, хорошо коррелируют с данными других авторов.

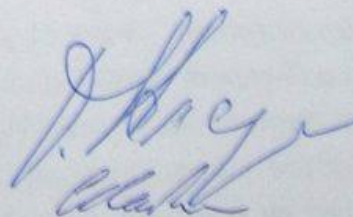
Несмотря на то, что основные результаты прошли апробацию на представленных конференциях, в том числе на "Поляховских" и "Окуневских чтениях", и опубликованы достаточно широко в авторитетных научных изданиях, представленная работа не лишена недостатков. Прежде всего, бросается в глаза неряшливость и спешка в оформлении диссертации и автореферата. Помимо указанных выше, бросается в глаза обилие неточностей, опусок и опечаток в тексте работы: так, размерности матриц A и B на стр. 44, 47 не совпадают – в матрице A не хватает одной строки; формулы (3.39) содержат в знаменателях слагаемые разных размерностей, этот перечень можно продолжить; листы 235б 80 – просто чистые страницы; в автореферате содержится более 10 опечаток на 14 страницах текста. Из замечаний по существу остановимся на следующем. Для исследования динамики платформы уравнения Лагранжа линеаризованы, что предполагает исследование динамики лишь в малой окрестности от опорного движения или положения равновесия. Но еще в начале прошлого века А.Н.Крылов в своих лекциях о приближенных вычислениях писал "откидывая в самих уравнениях члены, содержащие параметр α в степени какого-либо выбранного числа k , мы не можем поручиться, что в самом интеграле будут откинута члены, начиная с того же самого порядка, а не низшего". Более того, линеаризация может сказаться не только на точности, но и исказить характер физического процесса (см. Алдошин Г.Т. Теория линейных и нелинейных колебаний. СПб. "Лань". 2013. с. 210.)

Высказанные замечания носят рекомендательный характер и хотя редакционные погрешности портят впечатление от диссертации, в целом же диссертация в рамках сделанной в ней постановки задачи представляет законченное научное исследование, удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК'ом к кандидатским диссертациям, автореферат объективно отражает содержание диссертации. Поэтому автор работы Зуев Сергей Михайлович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Отзыв составили зав. кафедрой теоретической механики и баллистики Балтийского государственного технического университета "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф.Устинова проф. д.т.н. Алдошин Г.Т. и профессор кафедры систем обработки информации и управления д.т.н. Кабанов С.А. Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-методического семинара кафедры теоретической механики и баллистики БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф.Устинова. Протокол № 7 от 10.06.14 г.

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор



Г.Т.Алдошин

С.А.Кабанов

Подписи Г.Т. Алдошина и С.А. Кабанова
Удостоверено

Генерал-майор А.И. М.Н. Овчинников