

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д 212.125.05  
при Московском авиационном институте  
(национальном исследовательском  
университете) – МАИ  
Федотенкову Г.В.

125993, Российская Федерация, г. Москва,  
А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4



УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель начальника филиала  
Военной академии ВВС имени Петра Великого  
по учебной и научной работе  
кандидат технических наук, доцент

А. Людоговский

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ай Мин Вина

«Разработка методов расчёта динамики твёрдых тел со стратифицированной жидкостью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 - «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Перспективы освоения космического пространства предполагают создание орбитальных заправочных станций с криогенными компонентами ракетного топлива. Отличительной особенностью этих компонентов топлива являются низкие значения температуры, неоднородность температуры и различные значения плотности частиц жидкости, наблюдаемые в режимах хранения и транспортировки. Специфика распределения температуры и плотности позволяют приближенно рассматривать криогенное топливо как стратифицированную жидкость. Эти особенности ракетного топлива могут оказывать существенное влияние на его динамическое поведение и на динамику твердых тел, имеющих полости, наполненные стратифицированной жидкостью.

В настоящее время движения твёрдых тел, имеющих полости, наполненные криогенной жидкости, практически мало исследованы. В связи с этим актуальность темы диссертационного исследования Ай Мин Вина не вызывает сомнения.

В диссертационной работе исследованы вопросы взаимодействия неоднородной идеальной несжимаемой жидкости и полости подвижного твердого тела. Целью работы является разработка методов расчёты динамики твёрдых тел, имеющих полости, наполненные криогенной жидкостью, а также исследование влияния расслоения криогенной жидкости на динамику твёрдого тела с жидкостью.

Итогом проведенных исследований в рамках поставленной научной задачи является целый ряд новых научных результатов, полученных автором:

- исследованы вопросы взаимодействия стратифицированной идеальной несжимаемой жидкости и полости подвижного твердого тела. Рассмотрены случаи, в которых движение твердого тела вызвано действием мгновенных сил или сил, имеющих колебательный характер;

- получены теоретические и численные результаты в виде уравнений движения и динамических характеристик, которые вместе с приведёнными примерами демонстрируют отличие динамики твёрдого тела с криогенной жидкостью от случая движения тела с однородной жидкостью;

- получены асимптотические формулы, позволяющие оценить влияние стратификации на частоты поверхностных волн;

- разработана методика вычисления частот внутренних волн криогенной жидкости для различных законов стратификации;

- исследована устойчивость вращения вокруг неподвижной точки твёрдого тела с эллипсоидальной полостью, заполненной криогенной жидкостью при различных режимах стратификации.

Практическая значимость диссертационного исследования состоит в том, что его результаты могут быть использованы при проектировании крупногабаритных ракетно-космических конструкций, например космических заправочных станций, а также в учебном процессе при проведении занятий по ряду дисциплин, определяющих профессиональную подготовку инженеров по ракетно-космическим специальностям.

Достоверность полученных Ай Мин Вином в рамках диссертационной работы новых научных результатов, выводов, положений и практических рекомендаций обеспечивается корректностью принятых допущений, обоснованностью принятой модели криогенного топлива, использованием апробированного математического аппарата, а также сравнением с известными аналитическими и численными решениями, полученными для тестовых задач.

Судя по приведенному списку работ автора по теме диссертации, ее результаты достаточно полно представлены как в статьях ведущих отечественных журналов, так и в тезисах докладов ряда отечественных и международных научных конференций.

Вместе с тем следует отметить и некоторые недостатки работы:

1. В автореферате недостаточно конкретно представлена практическая значимость результатов работы.

2. В автореферате не отражена реализация результатов работы.

**Вывод:** диссертационная работа, выполненная Ай Мин Вином, содержит решение актуальной научно-технической задачи динамики ракетно-космических конструкций с криогенными компонентами ракетного топлива.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой имеют существенную теоретическую ценность и практическую значимость для развития ракетно-космической отрасли.

По научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также полученным результатам диссертация соответствует критериям пунктов 9,10,11 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Автор диссертации Ай Мин Вин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Заведующий кафедрой  
«Механика и инженерная графика»  
Военной академии РВСН имени Петра Великого  
(филиал в г. Серпухове Московской области)  
кандидат технических наук, доцент

4.08.15 г.



Е. Вышегородцев