

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05 НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)», МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «30» сентября 2015 г. протокол № 12

О присуждении Ай Мин Вин, гражданину Республики Союза Мьянмы,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методов расчёта динамики твёрдых тел со стратифицированной жидкостью» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «01» июля 2015 г., (протокол № 11), диссертационным советом Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 - № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Ай Мин Вин 1984 года рождения, в 2010 г. окончил Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана по специальности «Авиа- и ракетостроение».

В настоящее время соискатель является аспирантом кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» машиностроения факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана.

Диссертация выполнена на кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, **Темнов Александр Николаевич**, доцент кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Официальные оппоненты:

Нестеров Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского, Российской академии наук (ИПМех РАН).

Жаворонок Сергей Игоревич, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела механики адаптивных и композиционных материалов и систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной механики РАН, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Открытое акционерное общество «Криогенмаш» (ОАО «КРИОГЕНМАШ»)**, г. Балашиха в своем положительном заключении, подписанном директором НИиКИКМ, председателем научно-технического семинара Тарасовой Еленой Юрьевной и главным специалистом по направлению, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником ПАО «Криогенмаш» Домашенко Анатолием Митрофановичем и утвержденным генеральным директором ПАО «Криогенмаш» Исполовым Михаилом Викторовичем, отмечено что диссертация Ай Мин Вин, посвященная «Разработка методов расчёта динамики твёрдых тел со стратифицированной жидкостью», является актуальной и, как по объему проведенных исследований, так и ценности полученных научных результатов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает

присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, все по теме диссертации, из которых 4 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. В них исследовано движение твердого тела, имеющего полость, заполненную стратифицированной идеальной несжимаемой жидкостью. 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 и исследована устойчивость вращения вокруг неподвижной точки твёрдого тела с эллипсоидальной полостью, заполненной криогенной жидкостью при различных режимах стратификации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Темнов А. Н., Ай Мин Вин. О движении стратифицированной жидкости в полости подвижного твёрдого тела // Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. Естественные науки, 2012. С. 86-101. (издание ВАК РФ)
2. Ай Мин Вин, Темнов А. Н. О движении твёрдого тела с криогенной жидкостью // Наука и образование, Электрон. журн., № 12, 2013. 19 с. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/627898.html> (издание ВАК РФ)
3. Ай Мин Вин. Колебания криогенной жидкости в неподвижном баке // Наука и образование, Электрон. журн., № 9, 2014. 9 с. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/726215.html> (издание ВАК РФ)

4. Ай Мин Вин, Темнов А. Н. Вращение твёрдого тела с эллипсоидальной полостью, целиком наполненной стратифицированной жидкостью // Труды МАИ. Электрон. журн., Вып. 79, 2015. 23 с. URL: <https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=55633> (издание ВАК РФ)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации **Открытого акционерного общества «Криогенмаш» (ОАО «КРИОГЕНМАШ»)**, отзыв положительный;

от официального оппонента, **Нестерова Сергея Владимировича**, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А. Ю. Ишлинского, Российской академии наук (ИПМех РАН), г. Москва, заверенный ученым секретарем ИПМех РАН Сысоевой Е. Я., отзыв положительный;

от официального оппонента, **Жаворонка Сергея Игоревича**, кандидата физико-математических наук, доцента, старшего научного сотрудника отдела механики адаптивных и композиционных материалов и систем, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института прикладной механики РАН, заверенный ученым секретарем ИПРИМ РАН Карнет Ю. Н., отзыв положительный;

от **Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»**, подписанный кандидатом технических наук, доцентом, И.о. декана факультета кибернетики и информационной безопасности Евсеевым В. Л., заверенный заместителем начальника отдела кадров Дениевой Т. В., отзыв положительный;

от **Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга**, подписанный доктором физико-математических наук, профессором Баркиным Ю. В., заверенный начальником отдела канцелярии ГАИШ МГУ Новиковой Л. Н., отзыв положительный;

от **Средиземноморского карпатского университета (СКУ)**, подписанный кандидатом технических наук, доцентом, руководителем Департамента

гражданской авиации Еремичевым А. Н., заверенный ректором СКУ Али Чен, отзыв положительный;

от **Федерального государственного унитарного предприятия «Центрального научно-исследовательского института машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш)**, подписанный доктором технических наук, профессором Докучаевым Л. В., заверенный главным ученым секретарем ФГУП ЦНИИмаш Смагиной Ю. Н., отзыв положительный;

от **Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН (ИПМ РАН)**, подписанный доктором физико-математических наук, профессором Сазоновым В. В., заверенный ученым секретарем ИПМ РАН Масловым А. И., отзыв положительный;

от **Военной академии ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого (Филиал в г. Серпухове Московской области)**, подписанный кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Механика и инженерная графика» Е. Вышегородцевым, утвержденный заместителем начальника филиала Военной академии РВСН имени Петра Великого по учебной и научной работе А. Людоговским, отзыв положительный;

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве ведущей организации ОАО «Криогенмаш» имеются следующие замечания:

1. Не исследовано изменение температуры жидкости в рассматриваемых резервуарах при изменении внешнего теплопритока.
2. Не исследовано влияние стратификации на форму поверхностных волн жидкости.

3. Было бы целесообразно провести анализ влияния динамических характеристик стратифицированной жидкости на схемно-конструкционные решения систем хранения в условиях невесомости, тем более, что расхождение между стратифицированной и однородной жидкостью с точки зрения динамических характеристик составляет 4-10%.

Замечания в отзыве официального оппонента С. В. Нестерова:

1. Не исследовано влияние стратификации на форму поверхностных волн жидкости.

Замечания в отзыве официального оппонента С. И. Жаворонка:

1. Аналитический обзор литературы выглядит несколько перегруженным общей информацией о возможных приложениях криогенных систем в космонавтике, что в диссертации, в качестве основных объектов исследования на рассматриваемой конкретные конструкции, скорее всего, излишне. В то же время обзор литературы по динамике твердых тел с жидкостью и по динамике стратифицированных жидкостей носит характер перечисления, содержит необязательный иллюстративный материал, тогда как анализ существующих методов и подходов к решению поставленной задачи представлен чрезмерно скупо.

2. В обзорной части работы отсутствует какая-либо информация о работах, посвященных влиянию деформаций твердого тела с жидкостью на динамику системы «тело-жидкость». Такое влияние может оказаться существенным, тем более применительно к тонкостенным системам, какими являются баки космических аппаратов. Данное замечание может рассматриваться как рекомендация, тем не менее, требует обоснования, по крайней мере, на базе анализа существующих результатов в данной области исследования.

3. Как диссертация, так и автореферат содержат заметное количество опечаток.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из Военной академии ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого (Филиал в г. Серпухове Московского области):

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

2. В автореферате не отражена реализация результатов работы.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»:

1. В автореферате на рисунке 9 не указано теоретическое уравнение.

2. Не исследовано влияние стратификации на форму поверхностных волн жидкости.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН (ИПМ РАН):

1. Отсутствуют конкретные примеры практической реализации проектов космических заправочных станций, использующих криогенное топливо.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из Средиземноморского карпатского университета, (СКУ):

1. По материалам автореферата можно сделать некоторые замечания по языку и грамматике текста.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, имеют публикации в соответствующей сфере исследования, а ведущая организация проводит исследования в области криогенной технологии, взрывобезопасности и процессов разделения газов и теплообменных процессов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые методы расчета динамики твёрдых тел, имеющих полости, наполненные криогенной стратифицированной жидкостью, а также выполнено исследование влияния расслоения жидкости на динамику твердого тела;

предложены оригинальные подходы к решению задач динамики твёрдого тела, имеющего полость, наполненную стратифицированной жидкостью;

доказано, что построенные уравнения движения позволяют выявлять и исследовать отличия динамики движения твёрдого тела со стратифицированной жидкостью от случая движения тела с однородной жидкостью;

новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что стратификация жидкости, частично или полностью заполняющей полость твердого тела, значительно влияет на динамические характеристики твердого тела. Полученные формулы позволяют оценить влияние стратификации на частоты поверхностных и внутренних волн на динамические характеристики твердого тела с жидкостью для различных законов изменения плотности;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использованы различные вычислительные и математические методы: метод конечных элементов, метод тригонометрических рядов, метод разделения переменных и метод обобщенных потенциалов. Для расчётов собственных частот внутренних волн использовалась система вычислительного комплекса «MAPLE». Для проведения расчетов методом конечных элементов был использован программный комплекс «MATLAB». Для аналитических расчетов привлекалась система математических вычислений «MATHCAD и EXCEL».

изложены методики численных исследований влияния движения динамики твердого тела, имеющего полости с жидкостью, и приведено сравнение

результатов вычисления с аналогичными случаями движения твердых тел с однородной жидкостью;

раскрыты особенности движения твердых тел, имеющих полости, наполненные неравномерно нагретой жидкостью;

изучено влияние стратификации на динамику твердого тела с жидкостью;

проведена модернизация расчетных методов по определению собственных частот колебаний жидкости для некоторых законов изменения плотности жидкости, частично заполняющей полости различных форм.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика вычисления собственных частот стратифицированной жидкости и динамических характеристик твердого тела с жидкостью;

определены направления практического использования предложенных расчетов для исследования движения крупногабаритных конструкций, содержащих большие емкости с криогенной жидкостью;

создана методика, которая позволяет получить основные соотношения для оценки влияния стратификации на динамические характеристик жидкости и на динамику твердого тела с полостями, частично или полностью заполненным криогенной жидкостью;

представлены теоретические формулы и результаты вычислений по полученным формулам, пригодные для оценки влияния стратификации на динамику жидкости и твердого тела с криогенной жидкостью.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория подтверждается совпадением результатов аналитических и численных расчетов, полученных автором, с аналитическими формулами и вычислениями для твердых тел, имеющих полости наполненных однородной жидкостью.

идея базируется на анализе работы заправочных космических станций в условиях хранения жидкого топлива и в условиях транспортировки;

использовано обоснованное сравнение результатов, полученных автором, с результатами, полученными другими исследователями;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с результатами, приведенными из независимых источников;

использованы современные программные комплексы (MATLAB, MAPLE, MATHCAD) для получения решений задач динамики движения твёрдого тела с жидкостью.

Личный вклад соискателя состоит в:

Разработке методов определения динамических характеристик при действии импульсивных сил на твёрдое тело, имеющего полости, наполненные стратифицированной жидкостью, совершающей квазипотенциальное движение;

в тестировании аналитической модели на основе сопоставления с результатами конечно-элементного моделирования;

в разработке метода определения динамических характеристик твёрдого тела, совершающего малые вращательные движения, и имеющего цилиндрическую полость, частично или полностью заполненной криогенной жидкостью;

в реализации расчетных программ для используемых математических моделей;

в проведении расчетов и сравнения расчетных данных с известными данными для полости с однородной жидкостью;

На заседании 30 сентября 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Ай Мин Вин ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 4 докторов технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав

совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:
за 19, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя диссертационного
совета Д 212.125.05 д.т.н., проф.

Фирсанов В.В.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.05 к.ф.-м.н., доцент

Федотенков Г.В.

Ученый секретарь МАИ (НИУ)

к.т.н., доцент

«30» сентября 2015 г.



Ульяшина А.Н.