

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Нгуен Зуй Хунг

Тема диссертации: Разработка математических моделей динамики твёрдого тела, имеющего полости с жидкостью и заборными устройствами

Специальность: 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: На заседании 14 декабря 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Нгуен Хуй Хунг ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Тарлаковский Д.В., заместитель председателя диссертационного совета Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета Федотенков Г.В..

Члены диссертационного совета: Антуфьев Б.А., Бирюков В.И., Гришанина Т.В., Дмитриев В.Г., Дудченко А.А., Зверьев Е.М., Кузнецов Е.Б., Лурье С.А., Медведский А.Л., Мовчан А.А., Нерубайло Б.В., Рабинский Л.Н., Рыбаков Л.С., Сибиряков А.В., Сидоренко А.С., Туркин И.К., Тютюнников Н.П., Шклярчук Ф.Н.

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

Федотенков Г.В.

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

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «14» декабря 2016 г. № 30

О присуждении Нгуен Зуй Хунг, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка математических моделей динамики твёрдого тела, имеющего полости с жидкостью и заборными устройствами» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «10» октября 2016 г., протокол № 29 диссертационным советом Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего 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 Нгуен Зуй Хунг 1985 года рождения, в 2012 году окончил Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (национальный исследовательский университет). С 2012 г. по 2016 г. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (национального исследовательского университета).

Диссертация выполнена на кафедре «Космические аппараты и ракеты-носители» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ. Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент **Темнов Александр Николаевич**, доцент кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ.

Официальные оппоненты:

Смыслов Всеволод Игоревич, доктор технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ)»;

Григорьев Валерий Георгиевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Прочность авиационных и ракетно-космических конструкций» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, научно-исследовательский институт прикладной математики и механики Томского государственного университета (НИИ ПММ ТГУ), в своем положительном заключении, подписанным заведующим отделом механики деформируемого твердого тела НИИ прикладной математики и механики ТГУ, доктором физико-математических наук, профессором **Герасимовым А.В.**, заведующим кафедрой динамики полета ТГУ, доктором физико-математических наук **Биматовым В.И.**, директором НИИ прикладной математики и механики

ТГУ, доктором физико-математических наук, профессором **Глазуновым А.А.**, утвержденным проректором по научной работе Национального исследовательского Томского государственного университета, доктором физико-математических наук **Ивоным И.В.**, указала, что в целом, работу следует оценить положительно. Диссертация отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Нгуен Зуй Хунг, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, из которых 4 работы опубликованы в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ. В опубликованных работах в достаточной полноте раскрыты основные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1. Нгуен З.Х., Темнов А.Н. Колебания жидкого топлива непостоянного объема в сферической ёмкости // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон.журн. 2014. №12. С.426-439.

URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/744115.html>

2. Нгуен З.Х. Собственные колебания жидкости в сферических ёмкостях // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Машиностроение. 2015. № 2. С.84-90.

3. Нгуен З.Х., Темнов А.Н. Колебания физического маятника, имеющего сферическую полость с вытекающей жидкостью // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон.журн. 2015. №10. С.141-160.

URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/813746.html>

4. Нгуен З.Х., Темнов А.Н. Задачи динамики космических конструкций с жидким топливом, вытекающим из сферических емкостей // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. вып. 5.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/mech/dsmi/1490.html>

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации **научно-исследовательского института прикладной математики и механики Томского государственного университета (НИИ ПММ ТГУ)**, Томск, отзыв положительный;

от официального оппонента **Смыслова Всеволода Игоревича**, отзыв положительный;

от официального оппонента **Григорьева Валерия Георгиевича**, отзыв положительный;

от главного специалиста ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королёва, Королёв, Московская область, доктора технических наук, профессора **Кокушкина Вячеслава Вячеславовича**, отзыв положительный;

от первого заместителя генерального конструктора акционерного общества «Корпорация Тактическое ракетное вооружение» кандидата технических наук, старшего научного сотрудника **Глазкова Анатолия Ивановича**, заместителя начальника проектно-теоретического отдела кандидата технических наук **Мензульского Сергея Юрьевича**, отзыв положительный;

от профессора Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Москва, доктора технических наук, профессора **Иваненко Виталия Григорьевича**, отзыв положительный;

от руководителя Департамента гражданской авиации Средиземноморского Карпасского Университета (СМКУ), Никосия, С. Кипр, кандидата технических наук, доцента **Еремичева Александра Николаевича**, отзыв положительный;

от заведующего кафедрой маркетинга факультета «Институт менеджмента и маркетинга» Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва, кандидата технических наук, доцента **Клебанова Алексея Ильича**, отзыв положительный;

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве ведущей организации имеются следующие замечания:

1. В работе не объясняется выбор в качестве основной модели течения модели идеальной, т.е. невязкой жидкости.

2. При использовании метода конечных элементов автор не описывает конкретные детали его реализации, такие как, например, метод решения системы линейных уравнений. В работе нет данных о количестве элементов, сеточной сходимости, порядке аппроксимации.

3. Аналогичное замечание по поводу сеточной сходимости относится и к использованию метода Рунге-Кутты.

4. В диссертации отсутствуют оценки коэффициентов затухания колебаний жидкостей, отвечающих жидким компонентам, используемым в ракетно-космической технике.

5. При постановке краевых задач и их решений не учитывается движение жидкости в объеме самого ЗУ, что может оказать влияние на полученные результаты.

Замечания в отзыве официального оппонента **Смылова Всеволода Игоревича:**

1. Отсутствие исследования влияния деформаций заборного устройства с жидкостью на динамические характеристики системы «тело – жидкость». Такое влияние может оказаться существенным, тем более применительно к заборному устройству с тонкостенной перфорированной пластиной, используемому в топливных баках ракеты-носителей. Данное замечание может рассматриваться как рекомендация, тем не менее, пренебрежение влиянием упругости заборного устройства требует

обоснования, по крайней мере, на базе анализа существующих результатов в данной области исследования.

2. В четвертой главе в численном расчете отсутствует пример, учитывающий поступательное движение системы ««тело – жидкость»».

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

Замечания в отзыве официального оппонента **Григорьева Валерия Георгиевича**:

1. Представляется слишком категоричным сделанный в первой главе вывод об отсутствии исследований по влиянию систем отбора жидкости из топливного бака на динамику ракетных систем. Приведенный список зарубежных авторов очень короткий и, возможно, более тщательный поиск мог бы дать положительный результат.

2. Во второй главе сформулирован оригинальный вариант треугольного конечного элемента, основанный на эрмитовой интерполяции. Такие элементы, как правило, являются несогласованными и требуют дополнительных исследований сходимости и точности решений. В представленной работе не приведены результаты тестирования предложенных конечных элементов. Результаты же выполненных расчетов не сопровождаются какими-либо данными о числе элементов, размерности решаемых систем и конфигурациях конечно-элементной сетки.

В отзыве **Кокушкина Вячеслава Вячеславовича** содержатся следующие замечания:

1. В автореферате недостаточно отражено использование метода конечных элементов при решении задачи о собственных колебаниях жидкости.

2. Отсутствует исследование влияния деформаций твердого тела на динамику жидкости и на динамические характеристики системы «тело – жидкость». Такое влияние может оказаться существенным, тем более

применительно к тонкостенным системам, какими являются баки космических аппаратов.

В отзыве **Глазкова Анатолия Ивановича** и **Мензульского Сергея Юрьевича** содержится следующее замечание:

1. В автореферате отсутствуют материалы сравнения результатов полученных автором с известными теоретическими и экспериментальными результатами.

В отзыве **Иваненко Виталия Григорьевича** содержатся следующие замечания:

1. В работе отсутствуют экспериментальные результаты, полученные автором и подтверждающие приведенные расчеты.

2. В автореферате не представлены сравнения полученных результатов с известными данными.

В отзыве **Еремичева Александра Николаевича** содержатся следующие замечания:

1. Математическая модель разработана только для простейшей сферической формы бака, причем массой и моментом инерции самого бака пренебрегают. Это вполне допустимо для ракет-носителей, но для космических аппаратов, где часто используется вытеснительная система подачи не всегда верно.

2. Так же по тексту автореферата можно сделать замечания грамматического характера.

В отзыве **Клебанова Алексея Ильича** содержится следующее замечание:

1. В условиях микрогравитации не отмечено изменение формы свободной поверхности в процессе вытекания жидкости из сферического бака.

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 динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры.

Смыслов Всеволод Игоревич имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 05.07.03 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов». Ее научная деятельность связана с исследованиями в области динамических задач прочностиа эроупругости и устойчивости упругих колебаний летательных аппаратов. За предыдущие 5 лет имеет 2 публикации в журналах, в ходящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий, 2 доклада на международных конференциях, 1 рецензируемая монография, отвечающей заявленной научной специальности. В основном тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. Карклэ П.Г., Малютин В.А., Мамедов О.С., Поповский В.Н., Смотров А.В., Смыслов В.И. О современных методах наземных испытаний самолетов в аэроупругости // Visualization of Mechanical Processes (VMP). 2012.

2. A.G. Narizhny, V.I. Smyslov, S.I. Sychev Aeroelastic stability research of a cross happed flying vehicle // TsAGI Science Journal. 2013. №44 (6). С. 885-909.

3. Смыслов В.И., Быков А.В., Волков В.Н. Безопасность от опасных вибраций в полете высокоманевренного летательного аппарата // International Forum on Aeroelasticity and Structural Dynamics. Paris, France, June 21-25, 2011.

4. Смыслов В.И., Быков А.В., Педора А.П. Устойчивость упругих колебаний летательного аппарата с системой управления // The European conference for aero-spaces sciences (EUCASS). Saint Petersburg, Russia, 2011.

5. Парафесь С.Г., Смыслов В.И. Методы и средства обеспечения аэроупругой устойчивости беспилотных летательных аппаратов. – М.: Изд-во МАИ, 2013, 174 с.

Григорьев Валерий Георгиевич имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». Его научная деятельность связана с исследованиями в области динамических задач о взаимодействии ограниченного объема жидкости с деформируемым твердым телом. За предыдущие 5 лет имеет 4 научных публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. В основном направленность публикаций соответствует тематикой диссертации:

1. Григорьев В.Г., Григорьева Е.В. Контактное взаимодействие ограниченного объема жидкости с деформируемым твердым телом под влиянием гравитационных сил // Известия РАН. Механика твердого тела. 2011. № 2. С. 147 - 159.

2. Григорьев В.Г., Григорьева Е.В. О корректной формулировке потенциальной энергии колебаний жидкости, взаимодействующей с деформируемым твердым телом в однородном гравитационном поле // Доклад на X Всероссийском съезде по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 4, часть 5. С. 2115 - 2117.

3. Григорьев В.Г., Гнездилов В.А., Курников И.С., Меньшиков А.А. Методика покомпонентного анализа запасов устойчивости крупногабаритных пространственных конструкций при действии многофакторных нагрузок // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 5. С. 51 - 60.

4. Григорьев В.Г., Григорьева Е.В. Редукция поверхностных волн в конечно-элементном анализе колебаний упругих тел, содержащих жидкость // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2014. № 6. С. 11 - 16.

Вышеизложенное позволяет считать, что выбор диссертационным советом этих ученых в качестве официальных оппонентов является обоснованным, соответствует Постановлению ВАК о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24 сентября 2013 г. и Положению ВАК о совете по

защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденному приказом Министерства образования и науки РФ № 7 от 13 января 2014 г.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана постановка и построены методы расчета динамики жидкого топлива и динамических характеристик твердого тела с жидкостью с учетом заборных устройств и возможных дополнительных элементов, вносимых в конструкцию топливного бака, для обеспечения надежного отбора жидкости;

предложены оригинальные подходы к решению задач динамики твердого тела, имеющего полости с жидкостью и заборными устройствами;

доказано, что построенные уравнения движения позволяют выявлять и исследовать отличия динамики движения твердого тела с жидкостью и заборными устройствами от случая движения твердого тела с жидкостью без учета влияния заборных устройств;

введены новые понятия: новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что заборные устройства и внутрибаковые элементы влияют на динамику жидкого топлива в полости и динамические характеристики твердого тела с полостью, частично заполненной жидкостью, вытекающей через заборные устройства;

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

использован комплекс вычислительных и математических методов, в том числе вариационный метод, метод Рунге, метод конечных элементов, метод Рунге – Кутты, метод разделения переменных, метод обобщенных потенциалов;

изложены методики численных исследований движения твердого тела с жидкостью и внутрибаковыми элементами, рассмотрены задачи при различных условиях гравитации;

раскрыты достоинства предлагаемого подхода применительно к решению ряда задач, выявлен характер движения твердого тела с жидкостью с учетом влияния заборных и внутрибаковых устройств;

изучено влияние параметров процесса (расхода топлива, коэффициента сопротивления) на поведение решений;

проведена модернизация расчетных методов по определению характеристических уравнений, собственных чисел и коэффициентов затухания собственных колебаний жидкости и твердого тела с жидкостью.

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

разработаны и внедрены в учебный процесс методики решения динамических задач о движениях идеальной жидкости и твердого тела с жидкостью с учетом влияния заборных устройств и внутрибаковых элементов;

определены направления практического использования предложенных расчетов для исследования движения крупногабаритных конструкций, содержащих большие емкости с жидким топливом и внутрибаковыми элементами;

создана математическая модель, позволяющая получить основные соотношения для оценки влияния заборных устройств и внутрибаковых элементов на динамику жидкости и на динамические характеристики твердого тела с полостью, частично заполненной жидкостью;

представлены теоретические формулы и результаты вычислений по полученным формулам, пригодные для оценки влияния заборных устройств и внутрибаковых элементов на динамические характеристики твердого тела с полостью, частично заполненной жидкостью.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория подтверждается совпадением результатов аналитических и численных расчетов, полученных автором, с результатами, полученными по аналитическим формулам, и численными вычислениями для жидкости и

твердого тела с жидкостью без учета влияния заборных устройств и внутрибаковых элементов;

идея базируется на анализе работы ракет-носителей, разгонных блоков и космических аппаратов в различных условиях гравитации;

использованы сведения, содержащиеся в литературе по рассматриваемой тематике;

проведено сравнение полученных результатов с результатами, представленными в независимых источниках, и **установлено** качественное и количественное совпадение результатов в случае отсутствия внутрибаковых элементов;

использованы современные программные комплексы (MATLAB, MATHCAD) для получения численных результатов расчета.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- Разработаны постановка и методы решения задач о малых движениях жидкости в неподвижной осесимметричной полости с заборным устройством и малых движениях твердого тела, имеющего осесимметричные полости с жидкостью и заборным устройством, в различных условиях гравитации.

- Разработаны методики решения задач о малых движениях жидкости в сферической полости с внутрибаковыми элементами.

- Реализованы расчетные программы для используемых математических моделей.

- Приведены расчеты и сравнение расчетных данных с известными данными для вязкой жидкости.

Совокупность выполненных автором исследований и разработанных теоретических положений позволяет считать, что представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития ракетно-космической техники. В ней изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для

развития методов расчета движения тел, имеющих полости с жидкостью, что соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 14 декабря 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Нгуен Зуй Хунг ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 6 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 21, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.05
д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

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

Федотенков Г.В.