

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Крупенин Александр Михайлович

Тема диссертации: Исследование ударного взаимодействия слоистых элементов конструкций с жидкостью

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

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: На заседании 7 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 Крупенину Александру Михайловичу 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., Зверьяев Е.М., Кузнецов Е.Б., Медведский А.Л., Рыбаков Л.С., Сибиряков А.В., Сидоренко А.С., Солдатенков И.А., Туркин И.К., 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)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «7» декабря 2016 г. № 21

О присуждении Крупенину Александру Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование ударного взаимодействия слоистых элементов конструкций с жидкостью» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «05» октября 2016 г., протокол № 20 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, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Крупенин Александр Михайлович 1988 года рождения, в 2011 году окончил с отличием федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Соискатель ученой степени кандидата наук освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2015 году соискатель окончил обучение в аспирантуре

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»).

Соискатель ученой степени кандидата наук работает инженером-конструктором 1 категории в ПАО «УМПО» филиал «ОКБ имени А. Люльки» в отделе прочности, г. Москва.

Диссертация выполнена на кафедре «Сопротивление материалов, динамика и прочность машин» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сопротивление материалов, динамика и прочность машин» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» **Мартirosов Михаил Иванович**.

Официальные оппоненты:

Попов Виктор Сергеевич, профессор, доктор технических наук, профессору кафедры «Прикладная математика и системный анализ» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.),

Афанасьев Александр Владимирович, кандидат технических наук, инженер ООО «Нанотехнологический центр композитов», г. Москва дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»** в своем положительном заключении, подписанном кандидатом технических наук, заведующим лаборатории динамики сооружений Арутюняном Маратом Владимировичем, указала, что в динамике конструкций, взаимодействующих с жидкостью, имеется ряд нерешенных задач и задач, требующих решений в уточненной нелинейной постановке и диссертация Крупенина А.М., посвященная их разработке,

является актуальной. В ней разработаны новые методики расчета и получены новые результаты, имеющие большое научное и практическое значение.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 5 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1). Крупенин А.М., Мартиросов М.И. Численное моделирование поведения трехслойной прямоугольной пластины при вертикальном ударе о жидкость // Электронный журнал «Труды МАИ». 2013 г. Выпуск № 69: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=43066>.

Рассматривается численное исследование поведения трехслойной симметричной по толщине прямоугольной пластины со сплошным изотропным наполнителем при вертикальном ударном взаимодействии с идеальной сжимаемой жидкостью (водой). Проводится параметрический анализ относительно скорости взаимодействия. Учитывается влияние на динамику пластины гравитационных сил.

2). Крупенин А.М., Мартиросов М.И. Верификация численной модели взаимодействия прямоугольной пластины с поверхностью воды// Электронный журнал «Труды МАИ». 2014 г. Выпуск № 75: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=49676>.

Рассматриваются вопросы численного моделирования эксперимента по сбросу плоских тел в жидкость. Моделируется вертикальный сброс на воду прямоугольной однослойной пластины из однородного изотропного материала. Вода моделируется идеальной сжимаемой жидкостью. Учитывается наличие воздушной прослойки между пластиной и водой. Изучается начальный этап взаимодействия, когда гидродинамические силы и давления достигают максимальных значений. Учитывается влияние на динамику пластины гравитационных сил.

3). Крупенин А.М., Мартиросов М.И. Рабинский Л.Н. Численное моделирование нестационарного взаимодействия пластин с жидкостью//

Международный научно-технический журнал «Нелинейный мир». Том 12, № 11, 2014 г. С. 21-29.

Статья посвящена исследованию поведения однослойной прямоугольной пластины при ее ударном взаимодействии с идеальной сжимаемой жидкостью. Уделено внимание особенностям поведения однослойных прямоугольных пластин при ударе о поверхность идеальной сжимаемой жидкости и их соответствию экспериментальным данным.

4). Крупенин А.М., Мартиросов М.И. Численное исследование нестационарного взаимодействия круговой слоистой пластины с поверхностью воды// Электронный журнал «Труды МАИ». 2015 г. Выпуск № 80: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=56943>.

Статья посвящена численному изучению поведения трехслойной симметричной по толщине круговой пластины со сплошным изотропным наполнителем при вертикальном ударном взаимодействии с идеальной сжимаемой жидкостью (водой). Проводится параметрический анализ относительно начальной скорости взаимодействия. Учитывается влияние на динамику пластины гравитационных сил и воздушной прослойки между пластиной и жидкостью. Задача решается в связанной осесимметричной постановке.

5). Крупенин А.М., Мартиросов М.И., Рабинский Л.Н. Удар трехслойной пластины о свободную поверхность жидкости// Известия ТулГУ. Технические науки. Вып.5:в 2 ч. Ч.2. Тула: Из-во ТулГУ, 2015 г. С. 65-73.

Рассмотрены особенности поведения трехслойной симметричной по толщине пластины при ударе её вертикальным ударе первоначальной невозмущенную поверхность идеальной сжимаемой жидкости. Приведено сравнение перемещений с аналитическим решением. Приведен анализ результатов. Даны практические рекомендации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

От ведущей организации, **Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций имени В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»**, г. Москва, подписанный заведующим лабораторией динамики сооружений, кандидатом технических наук Арутюняном М. В., заверенный секретарем секции ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко НТС АО «НИЦ «Строительство» Крыловой О. В., удостоверенный начальником отдела кадров Снориной Т. В., утвержденный директором ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», доктором технических наук, профессором Ведяковым И. И., отзыв положительный;

От официального оппонента, **Попова Виктора Сергеевича**, профессора, доктора технических наук, профессора кафедры «Прикладная математика и системный анализ» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.), г. Саратов, заверенный Ученым секретарем Ученого совета СГТУ имени Гагарина Ю. А., профессором, доктором технических наук Бочкаревым П. Ю., отзыв положительный;

От официального оппонента, **Афанасьева Александра Владимировича**, кандидата технических наук, инженера ООО «Нанотехнологический центр композитов», г. Москва, заверенный начальником отдела кадров Володиной Е. Я., отзыв положительный;

От **ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»**, подписанный кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» Щербаковым В. И., заверенный главным ученым секретарем Колтуновым И. И., отзыв положительный;

От **ФГБУН Институт прикладной механики РАН**, подписанный старшим научным сотрудником, кандидатом физико-математических наук Соляевым Ю. О., заверенный Ученым секретарем ИПРИМ РАН Карнетом Ю.Н., отзыв положительный;

От **ООО «Тесис»**, подписанный инженером отдела проектирования и инженерного анализа, кандидатом технических наук Нуштаевым Д.В., заверенный генеральным директором ООО «Тесис» Курсаковым С. Н., отзыв положительный;

От **ОА «Инженерный центр ИКАР»**, подписанный Ведущим инженером по прочности, кандидатом технических наук, членом-корреспондентом Российской Инженерной Академии Васильевым Д. В., заверенный директором по персоналу ОА «ИЦ ИКАР» Зуевым Н. Н., отзыв положительный;

От **ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»**, подписанный доцентом, кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры «Физика и техническая механика» Горшковым А. А., заверенный специалистом по кадрам отдела кадров Сазиной М. Н., отзыв положительный;

От **НИЯУ МИФИ**, подписанный доцентом, кандидатом технических наук Исаченко В. В., удостоверяемый заместителем начальника отдела документационного обеспечения НИЯУ МИФИ Кононовой Н. О., отзыв положительный;

От **АО «МКБ «ИСКРА»**, подписанный ведущим конструктором расчетчиком, кандидатом технических наук, доцентом Вышедкевичем И. У., заверенный главным конструктором по РКТ Граменицким М. Д., 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 **ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко** имеется одно замечание:

Было бы желательно более точно смоделировать взаимодействие между слоями пластин, а также рассмотреть различные граничные условия на краях пластин.

Замечания в отзыве официального оппонента В. С. Попова:

1. Недостаточно подробно задана модель контакта между слоями пластины.
2. В работе не рассмотрены динамические характеристики груза, прикрепленного к падающей пластине.
3. На графиках, представленных на рис. 16 в диссертации и в рис. 5 в автореферате, отсутствуют обозначение осей и их размерность.
4. В табл. 5 имеется ссылка на [3] источник из списка литературы, хотя как следует из текста, должна быть ссылка на [9] источник.
5. При рассмотрении малокилеватого клина (глава 3, рис. 46) среди исходных данных для моделирования не указаны значения для угла β .

Замечание в отзыве официального оппонента А. В. Афанасьева:

1. В используемой модели жидкости не учтен фактор вязкости. В ряде работ (например, Шахверди Г. Г., на которого ссылается автор) показано, что вязкость жидкости может существенно сказаться на качественном распределении и количественном значении (10-15%) гидродинамического давления, действующего на тело.
2. В реальных условиях поверхность воды покрыта сложной системой волн, поэтому толщина воздушной прослойки будет переменной и случайной величиной, что приведет к перераспределению гидродинамических давлений по поверхности тела (отсутствию симметрии). Кроме того, поверхностный слой воды содержит нерастворенные пузырьки воздуха, что приводит к увеличению сжимаемости жидкости. Модели, учитывающей перечисленные факторы, к настоящему моменту нет. Создание такой модели может быть интересным продолжением данной работы.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из **ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»**:

1. Нет расшифровки обозначений, указанных на рис. 1, стр. 10.

2. При проведении сравнений результатов, полученных различными методами, автор ограничивался лишь визуальным сопоставлением сравниваемых кривых на графиках, а следовало бы дать числовые характеристики в виде абсолютных и относительных отклонений сравниваемых значений.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из **ФГБУН Институт прикладной механики РАН**: желательно было бы учесть различные граничные условия на краях пластин и клина, рассмотреть их влияние на динамические характеристики конструкций.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из **ООО «Тесис»**:

1. В автореферате упоминается о проведенном сравнении результатов численного моделирования с экспериментальными данными. Однако результаты данного сравнения, например, таблицы (графики) с экспериментальными и численными значениями, в автореферате отсутствуют;

2. Не описана используемая модель контактного взаимодействия между Эйлеровой и Лагранжевой сеткой. Не приведена оценка уровня потерь материала Эйлеровой сетки сквозь поверхность Лагранжевой, что достаточно характерно для задач в связанной постановке;

3. Не приведено исследование влияния высоты воздушной прослойки на формирование структуры течения перед падающим объектом;

4. Ряд представленных в автореферате рисунков малоинформативен, отсутствует необходимая сопроводительная информация (см., например, рис. 5,6);

5. В тексте автореферата имеются опечатки.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из от **НИЯУ МИФИ**: в автореферате имеются опечатки.

Замечания в отзыве на автореферат диссертации, поступившем из **АО «МКБ «ИСКРА»**:

1. Из автореферата не ясно, в каких пределах варьировалась воздушная прослойка;
2. Каким конечно-элементным комплексом программ пользовался автор;
3. По какому критерию оценивалась работоспособность конструкции после ударного взаимодействия.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, что подтверждается занимаемыми ими должностями и имеющимися публикациями в областях, близких к теме диссертации:

1. Могилевич Л.И., Попов В.С., Христофорова А.В. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГИДРОУПРУГОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ монография / Саратов, 2012.

2. L.I. Mogilevich, V.S. Popov, L.N. Rabinsky, E.L. Kuznetsova Mathematical model of the plate on elastic foundation interacting with pulsating viscous liquid layer // Applied Mathematical Sciences, Vol. 10, 2016, no. 23, 1101-1109 (Scopus)

3. Агеев Р.В., Могилевич Л.И., Попов В.С. КОЛЕБАНИЯ СТенок ЩЕЛЕВОГО КАНАЛА С ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТЬЮ, ОБРАЗОВАННОГО ТРЕХСЛОЙНЫМ И ТВЕРДЫМ ДИСКАМИ // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2014. № 1. С. 3-11.

4. Агеев Р.В., Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. ДВИЖЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ, ОБРАЗОВАННОМ ВИБРИРУЮЩИМ ШТАМПОМ И ШАРНИРНО ОПЕРТОЙ ПЛАСТИНОЙ // Труды МАИ. 2014. № 78. С. 6.

5. Афанасьев А.В., Нгуен Д.К., Соляев Ю.О., Рабинский Л.Н., Лурье С.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИСКЕРИЗАЦИИ ВОЛОКОН НА ОСТАТОЧНОЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ // Механика композиционных

материалов и конструкций // 2014. Т. 20. №3. С. 333-342. Импакт-фактор РИНЦ – 0,337

6. Афанасьев, Егорова О.В., Зайцев В.Н., Рабинский Л.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ АППРОКСИМАЦИИ ЯДРА РЕЛАКСАЦИИ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО // Нелинейный мир // 2012. №9. С. 590-595

7. Афанасьев А.В., Рабинский Л.Н., Шершак П.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ // Механика композиционных материалов и конструкций // 2014. Т. 16. №2. С. 214-222. Импакт-фактор РИНЦ – 0,337

8. Моргулец С.В., Чернецов А.А., Афанасьев А.В., Косарев В.А. КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПКМ НА ПРИМЕРЕ КЕССОНА КРЫЛА САМОЛЕТА//Авиационная промышленность. 2012. №1. С. 37-42.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что **ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко** проводит исследования в области нелинейной динамики сложных механических систем, о чем свидетельствуют имеющиеся публикации:

1. Ведяков И. И., Востров В. К., Косых П. А. Динамические ледовые нагрузки и колебания морских нефтегазопромысловых сооружений// Строительная механика и расчет сооружений, 2014, № 6, с. 69-79.
2. Панасенко Ю. В. Расчет строительных конструкций на сейсмические воздействия, соответствующие уровню МРЗ (максимальное расчетное землетрясение) // Строительная механика и расчет сооружений, 2016, № 1, с. 56-62.
3. Трушин С. И., Иванов С. А. Численный алгоритм расчета нелинейно деформируемых замкнутых цилиндрических оболочек с низкой сдвиговой

жесткостью // Строительная механика и расчет сооружений, 2012, № 2, с. 76-79.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика решения задач ударного взаимодействия конструкций с жидкостью, учитывающая влияние воздушной прослойки между телом и жидкостью и гравитационных сил, в связанной постановке;

предложены новые решения задач сложного нестационарного поведения слоистых элементов конструкций при вертикальном ударе об идеальную сжимаемую жидкость;

доказана важность учета воздушной прослойки и связанности постановки задачи для расчета элементов конструкций, вступающих в ударное взаимодействие с жидкостью в процессе эксплуатации или на аварийных режимах работы;

новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана перспективность разработанной методики применительно к решению задач об ударном взаимодействии конструкций с жидкостью;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых положений механики сплошной среды и общие подходы нелинейной динамики упругих систем;

изложены основы методики расчета ударного взаимодействия слоистых пластин с жидкостью с учетом влияния воздушной прослойки;

раскрыты особенности поведения слоистых элементов конструкций при их нелинейном нестационарном деформировании;

изучены степени влияния различных факторов нагрузки, действующих на деформируемое тело и характеристики движения, прогибы и напряжения;

проведена модернизация существующих численных методов расчета контактного взаимодействия слоистых конструкций с жидкостью.

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

разработаны и внедрены новые методики расчета, учитывающие ранее не рассмотренные факторы, позволяющие расширить совокупность решаемых задач в области нестационарного контактного взаимодействия конструкций с жидкостью;

определены направления практического использования результатов исследований, в частности, – для расчета напряжений и прогибов несущих элементов конструкций, ударно взаимодействующих с жидкостью;

создана система практических рекомендаций для повышения точности расчетов нестационарного взаимодействия тонкостенных конструкций с жидкостью;

представлены рекомендации и предложения для повышения эффективности расчетов на прочность при проектировании взаимодействующих с жидкостью конструкций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на фундаментальных законах механики сплошной среды;

идея базируется на анализе практики и передового опыта в области нестационарных контактных задач;

использованы сравнения авторских результатов численного расчета динамических характеристик движения с имеющимися в литературе результатами, экспериментальными данными и с точными решениями для некоторых частных случаев;

установлено качественное и количественное соответствие результатов расчета с результатами, представленными в литературе для частных случаев, выполнение закона сохранения энергии для всех численных примеров расчета и численная сходимость решений;

использованы современные программы для численного интегрирования по времени систем нелинейных дифференциальных уравнений.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и верификации методики численного исследования ударного взаимодействия слоистых элементов конструкций с жидкостью в связанной постановке с учетом воздушной прослойки между конструкцией и жидкостью. Автором выполнен большой объем аналитических и численных работ. Обработаны и проанализированы результаты. Сформулированы выводы по каждому разделу работы.

Совокупность выполненных автором исследований и разработанных теоретических положений можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития механики нестационарных контактных взаимодействий, что соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 7 декабря 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Крупенину А. М. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 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 15, против 2, 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.