

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.05

**Соискатель:** Радченко Валерий Петрович

**Тема диссертации:** Моделирование напряженно-деформированного состояния тонкостенных элементов конструкций систем терморегулирования радиолокационных станций

**Специальностям:** 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 26 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Радченко В.П. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 4 доктора 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 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Присутствовали: председатель диссертационного совета д.ф.-м.н., проф. Гарлаковский Д.В., заместитель председателя диссертационного совета д.т.н., проф. Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета, к.ф.-м.н., доц. Федотенков Г.В., д.т.н., проф. Бирюков В.И., д.ф.-м.н., доц. Вестяк В.А., д.ф.-м.н., проф. Гришанина Т.В., д.т.н., проф. Дмитриев В.Г. д.т.н., проф. Дудченко А.А., д.ф.-м.н., проф. Кузнецов Е.Б., д.т.н., проф. Лурье С.А., д.ф.-м.н., доц. Медведский А.Л., д.ф.-м.н., проф. Мовчан А.А., д.т.н., проф. Нерубайло Б.В., д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н., д.ф.-м.н., проф. Рыбаков Л.С., д.т.н., проф. Сидоренко А.С., д.т.н., проф. Туркин И.К., д.т.н., проф. Тютюнников Н.П.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.125.05

Федотенков Г.В.



И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

*Т.А. Аникина*

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «26» декабря 2018 г. № \_\_\_\_\_

О присуждении Радченко Валерию Петровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование напряженно-деформированного состояния тонкостенных элементов конструкций систем терморегулирования радиолокационных станций» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «22» октября 2018 г., протокол № 11 диссертационным советом Д 212.125.05 созданным на базе ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования 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 Радченко Валерий Петрович, 1961 года рождения, в 1984 окончил кафедру «Конструирование антенно-фидерных систем радиотехнических информационных комплексов (9096)» Московского авиационного института. Более 30 лет занимается разработкой и конструированием радиолокационных систем в ПАО «Радиофизика», где в настоящее время является главным конструктором направления. В 2018 году

Радченко В.П. окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Сопротивление материалов, динамика и прочность машин» Московского авиационного института (научно-исследовательского университета), Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Рабинский Лев Наумович**, директор дирекции Института «Общеинженерной подготовки» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

**Попов Виктор Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная математика и системный анализ» Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.

**Нуштаев Дмитрий Владимирович**, кандидат технических наук, менеджер по моделированию клиентских процессов АО «Северсталь менеджмент».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной механики Российской академии наук** в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, директором ИГРИМ РАН Власовым Александром Николаевичем и доктором физико-математических наук, заместителем директора ИГРИМ РАН по научной работе Данилиным Александром Николаевичем, указала, что диссертация Радченко Валерия Петровича представляет собой законченную квалификационную работу, в которой решена важная практическая задача о деформировании и прочности каналов охлаждения в системах радиолокационных систем. Диссертация соответствует всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением

Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 15 опубликованных печатных работ, в том числе 11 по теме диссертации, из которых 6 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Соискатель имеет 11 патентов, из которых 4 по теме диссертации. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

- 1) Добрянский В. Н., Рабинский Л. Н., **Радченко** В. П., Соляев Ю. О. Оценка ширины зоны контакта между плоскоовальными каналами охлаждения и корпусом приёмо-передающего модуля активной фазированной антенной решётки. Электронный журнал Труды МАИ. 2018. № 101. <http://trudymai.ru/published.php?ID=98252>
- 2) Lomakin, E., Rabinskiy, L., **Radchenko**, V., Solyaev, Y., Zhavoronok, S., Babaytsev, A. "Analytical estimates of the contact zone area for a pressurized flat-oval cylindrical shell placed between two parallel rigid plates." *Meccanica* 53.15 (2018): 3831-3838.
- 3) Крахин О.И., **Радченко** В.П., Венценосцев Д.Л.; Методы создания системы отвода тепла теплонагруженных частей ФАР; «Радиотехника»; 2011г; No10, 88-94 с.
- 4) Левитан Б.А., **Радченко** В.П., Топчиев С.А. Мобильная специализированная радиолокационная станция. *Радиотехника*. 2014. № 1. С. 059-064.
- 5) Бабайцев А.В., Рабинский Л.Н., **Радченко** В.П., Венценосцев Д.Л. Оценка прочности и выбор оптимальной формы поперечного сечения тонкостенных металлических трубок системы охлаждения АФАР. *Технология металлов*. 2017. № 10. С. 38-46.
- 6) Бабайцев А.В., Венценосцев Д.Л., Рабинский Л.Н., **Радченко** В.П. Оценка тепловых режимов приемопередающего модуля активной фазированной антенной решетки. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2017. № 9-1. С. 365-374.



В этих и остальных работах изложены и обоснованы основные результаты автора по исследованию напряженно-деформированного состояния тонкостенных элементов конструкций систем терморегулирования радиолокационных станций.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации, отзыв положительный, имеются замечания:

- 1) Схема организации работы каналов охлаждения на рисунке 2.1 представлена недостаточно наглядно, так как не представлена ориентация сечений каналов охлаждения.
- 2) Не приведено обоснование необходимости дополнительного привлечения модели балок Тимошенко при рассмотрении исследуемых каналов. Построенные в диссертации решения для тонкостенных балок показали достаточную точность и необходимость построения более сложных решений с привлечением теории более высокого порядка необходимо обосновывать.
- 3) На рисунке 2.21 указанные решения названы «верхней» и «нижней» оценкой, что представляется не совсем корректным, в частности, точное решение выходит за пределы верхней оценки при высоких значениях внутреннего давления. Эти решения можно считать «верхней» и «нижней» оценкой только при малых давлениях внутри канала, которые, однако и представляют интерес для инженерной практики.

от официального оппонента, **Цюпова Виктора Сергеевича**, отзыв положительный, имеются замечания:

1. Все построенные аналитические решения для задачи о деформациях каналов плоскоовального сечения, построены для основной рабочей части каналов, однако не дается оценка протяженности этой рабочей части. Желательно было бы указать влияние соотношения размеров поперечного сечения на протяженность краевых эффектов, возникающих вблизи изгибов и закреплений каналов. Это можно

было бы сделать на основании сопоставления аналитических решений с численным моделированием или на основании аналитических оценок, по крайней мере, в процессе продолжения работы по тематике исследований в будущем.

2. Судя по всему, тестовые численные расчеты в главе 2, которые сопоставлялись с результатами аналитического моделирования, и расчеты в главе 4 для каналов с различными поперечными сечениями, проводились в различных комплексах конечно-элементного моделирования, обоснование чего в диссертации не приведено.
3. В работе проведены исследования для случая нагружения каналов внутренним гидростатическим давлением, было бы желательно оценить влияние учета падения давления вдоль канала, возникающего при циркуляции охлаждающей жидкости.
4. В тексте диссертации и автореферата встречается ряд опечаток и неточностей. Например, на рис. 11 автореферата имеются ссылки на решения (10), (11), однако решений с указанными номерами в автореферате нет; на стр. 89 диссертации указано, что «...Действующее внутри трубы давление составляет 340 МПа», однако это явная опечатка, т.к. выше указано, что максимальный напор насоса составляет 44,4 метра, т.е. максимальное давление жидкости 0,44 МПа.

от официального оппонента, **Нуштаева Дмитрия Владимировича**, отзыв положительный, имеются замечания:

1. В главе 2, разделе 2.5.1 приводится описание аналитической модели, оценивающей ширину контакта прямолинейного участка поперечного сечения канала с преградой, и численное решение данной задачи на базе метода конечных элементов. В аналитической модели на правом конце балки, исходя из описания, изгибающий момент равен нулю. В конечно-элементной модели, для принятого типа конечных элементов, ограничение прогибов узлов правого конца пластины (рис. 2.8)

приводит и к запрету на их повороты с возникновением изгибающего момента, что можно заметить на иллюстрациях деформированной формы модели (рис. 2.11). Таким образом, аналитическая и конечно-элементная модели не идентичны по граничным условиям;

2. В главе 4 (стр. 100) отмечено, что в плоскоовальном профиле при начальном зазоре 0,1 мм напряжения не превышают предела текучести для всех рассмотренных толщин (0,15 мм, 0,2 мм, 0,25 мм и 0,3 мм) при внутреннем давлении 500 кПа. Решение проводилось в 2D постановке с использованием конечных элементов, работающих в режиме плоской деформации. Далее, для того же сечения (толщина стенки 0,25 мм), проводится решение задачи в трехмерной постановке с учетом U-образной формы канала. На рис. 4.19 представлено распределение пластических деформаций при давлении 400 кПа и уровне начального зазора 0,1 мм. Характер распределения пластических деформаций говорит о том, что действующие напряжения превысили предел текучести и на прямолинейных участках U-образного канала. В работе не комментируется, с чем связана столь существенная разница результатов моделирования в 2D и в 3D постановке на прямолинейных участках, которая должна быть незначительной вдали от U-образного перехода.

от **ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»**, подписанный заведующим кафедрой «Транспортное строительство» ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», д.ф.-м.н. Локтевым Алексеем Алексеевичем, заверенный заместителем начальника управления кадров РУТМИИТ Золотовой Марией. Николаевной. отзыв положительный, имеется замечание:

1. Отсутствие учета трения в аналитических оценках зоны контакта, что, однако, не снижает общей значимости полученных результатов.

от **Поволжского института управления имени П.А. Столыпина – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»**, подписанный заведующим кафедрой прикладной информатики и информационных технологий в управлении д.ф.-н., доцентом Кондратовым Дмитрием Вячеславовичем, заверенный начальником отдела кадровой работы Кирилловой Т.В. , отзыв положительный, имеется замечание:

1. При рассмотрении  $\frac{1}{4}$  части контура поперечного сечения канала (рис. 2 в автореферате) не достаточно детально указаны использованные условия симметрии.

от **ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова)**, подписанный членом-корреспондентом РАН, д.ф.-м.н., профессором Ломакиным Евгением Викторовичем, заверенный и.о. декана механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, профессором Чубариковым В.Н., отзыв положительный, замечаний нет.

от **Филиала ФГБУН Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН «Научный центр нелинейной волновой механики и технологии РАН»**, подписанный заместителем директора по научной работе, д.т.н., профессором Украинским Леонидом Ефимовичем, заверенный зав. отделом кадров Грановой Г.Н., отзыв положительный. Замечаний нет.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит исследования в области деформирования и тонкостенных элементов конструкций.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:



**разработана** новая экспериментальная методика для определения ширины зоны контакта между каналами охлаждения и жесткими стенками, новая система терморегулирования радиолокационных комплексов, реализованная с использованием деформируемых тонкостенных каналов плоскоовального сечения;

**предложены** новые аналитические модели для определения ширины зоны контакта между тонкостенными каналами охлаждения и охлаждаемыми модулями в системах терморегулирования радиолокационных станций;

**доказана** перспективность использования разработанных методов и подходов к расчету и конструированию устройств терморегулирования антенно-фидерных систем;

новые понятия и термины **не вводились**.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказаны** положения о границах применимости предложенных аналитических методов к исследованию напряженно-деформированного состояния тонкостенных элементов конструкций систем терморегулирования радиолокационных станций;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих научной новизной результатов)** использованы численные и аналитические методы и подходы к решению задач расчета напряженно-деформированного состояния тонкостенных элементов конструкций, а также оригинальные экспериментальные методики;

**изложены** новые идеи и подходы для определения ширины зоны контакта между плоскоовальной тонкостенной оболочкой-каналом охлаждения и жесткими стенками, ограничивающими ее деформации, в условиях действия гидростатического давления внутри оболочки и в приближении малых и больших прогибов, а также с учетом податливости на сдвиг стенок оболочек большой толщины;

**раскрыты** взаимосвязь и существенное влияние геометрических характеристик контуров поперечного сечения тонкостенных каналов охлаждения на границы применимости и выбор того или иного их предложенных аналитических методов применительно к исследованию напряженно-деформированного состояния элементов конструкций систем терморегулирования;

на основе аналитических и численных методов моделирования, а также на основании экспериментов **изучены** закономерности деформирования тонкостенных каналов охлаждения с плоскоовальным контуром поперечного сечения;

**проведена модернизация** аналитических, численных и экспериментальных методов расчета тонкостенных элементов конструкций систем терморегулирования радиолокационных станций, проведен выбор рациональной геометрии поперечных сечений деформируемых каналов охлаждения с точки зрения прочности и ширины зоны контакта, реализующейся при заданном внутреннем гидростатическом давлении.

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

**разработаны, внедрены,** подтверждены и проверены экспериментально новые методы и подходы, применимые для расчета и разработки элементов конструкций систем охлаждения радиолокационных систем;

**определены** пределы и перспективы практического использования предложенных аналитических подходов на практике;

**создана** система практических рекомендаций по выбору наиболее точного и эффективного из предложенных методов в зависимости от геометрических характеристик тонкостенных элементов конструкций;

**представлены** методические рекомендации по эффективной наработке новых систем терморегулирования мобильных радиолокационных комплексов, реализованных с использованием деформируемых тонкостенных каналов плоскоовального сечения.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория построена** на основе известных и обоснованных методов механики деформируемого твердого тела, строительной механики, сопротивления материалов;

**идея базируется** на основе введения упрощающих гипотез, в частности, гипотезы о плоском деформированном состоянии, позволяющих свести задачу о деформациях цилиндрической оболочки к задаче о деформациях балки единичной ширины;

**использованы** апробированные математические методы расчета и экспериментальные данные;

**установлено** качественное и количественное совпадение теоретических результатов с полученными экспериментальными данными;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Личный вклад** соискателя состоит в:

Разработке методов решения и построении аналитических решений для задач о деформировании и контакте тонкостенных каналов охлаждения с жесткими стенками охлаждаемых конструкций, в проведении численного моделирования и сопоставления его результатов с аналитическими решениями, в разработке методики и проведении экспериментальных исследований по измерению ширины зоны контакта между фрагментами каналов охлаждения и жесткими преградами.

Диссертация Радченко В.П., является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные расчетные модели деформированного состояния тонкостенных оболочек неклассической неосесимметричной формы, контактирующих с жесткими преградами в условиях действия внутреннего гидростатического давления. Полученные результаты имеют существенное значение для развития динамики и прочности машин.

На заседании 26 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Радченко В.П. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 4 доктора 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 18, 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.

26.12.2018г.



И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина