

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Кожевников Владимир Федорович

Тема диссертации: Аналитические методы расчета на прочность болтовых соединений летательного аппарата, передающих усилие среза

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

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

Совокупность выполненных автором исследований и разработанных теоретических и практических положений можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы, заключающейся в создании теории и методов расчета контактного взаимодействия болта со стенками отверстий в соединяемых элементах многорядных стыков сложной конфигурации. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 16 октября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Кожевникову Владимиру Федоровичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 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 1, недействительных бюллетеней 0.

Присутствовали: председатель диссертационного совета д.ф.-м.н., проф. Тарлаковский 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. Антуфьев Б.А., 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.т.н., проф. Зверьяев Е.М., д.ф.-м.н., проф. Кузнецов Е.Б., д.т.н., проф. Лурье С.А., д.т.н., проф. Меркурьев И.В., д.ф.-м.н., проф. Мовчан А.А., д.т.н., проф. Нерубайло Б.В., д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н., д.т.н., проф. Сибиряков А.В., д.т.н., проф. Сидоренко А.С., д.т.н., проф. Туркин И.К., д.т.н., проф. Тюпюников Н.П.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.125.05



Федотенков Г.В.

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 ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «16» октября 2019 г. № 18

О присуждении Кожевникову Владимиру Федоровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Аналитические методы расчета на прочность болтовых соединений летательного аппарата, передающих усилие среза» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», принята к защите «19» июня 2019 г., протокол № 17, 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, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Кожевников Владимир Федорович, 1937 года рождения, в 1961 году окончил факультет № 1 «Самолетостроение» Московского авиационного института.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Исследование поляризационно-оптическим методом напряженного состояния цельнокованных турбинных роторов» защитил в 1970 г. в диссертационном совете, созданном на базе Центрального научно-исследовательского института технологии машиностроения (ЦНИИТМАШ). С 1973г. по 1993г. работал старшим научным сотрудником в НИО-18 ЦАГИ, с 1995г. по 2014г. доцент кафедры «Сопро-

тивление материалов» Московского государственного университета дизайна и технологии, 2015 – 2018г. обучение в докторантуре Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), с 2015г. и по настоящее время доцент кафедры «Машиноведение и детали машин» Московского авиационного института.

Диссертация выполнена на кафедре «Машиноведение и детали машин» Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор **Фирсанов Валерий Васильевич**, заведующий кафедрой «Машиноведение и детали машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Сироткин Олег Сергеевич, член-корреспондент РАН, профессор, доктор технических наук, президент Национальной технологической палаты,

Романов Александр Никитович, профессор, доктор технических наук, заведующий Отделом конструкционного материаловедения Института машиноведения Российской академии наук (ИМАШ РАН),

Морозов Евгений Михайлович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Физика прочности» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет» (МИФИ),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **ФГБУП «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е.Жуковского» (ЦАГИ) г. Жуковский, Московская область** в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, заместителем начальника отделения «Статическая и тепловая прочность» ФГУП «ЦАГИ» Лимониным Михаилом Валерьевичем; профессором, доктором технических наук, главным научным сотрудником отделения «Статическая и тепловая прочность» ФГУП «ЦАГИ» Гришиным Вячеславом Ивановичем, и утвер-

жденном заместителем генерального директора ФГБУП «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е.Жуковского» (ЦАГИ), кандидатом технических наук Зиченковым М.Ч., указала, что работа представляет собой законченное научное исследование, которое можно квалифицировать как новое достижение в области науки о прочности соединений элементов и агрегатов авиационных конструкций и отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Соискатель имеет 32 опубликованные статьи по теме диссертации, в том числе 27 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, а также две монографии.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Кожевников В.Ф. Исследование напряженного состояния срезных стержневых соединений методом объемной фотоупругости. // Вестник машиностроения. – 1991, № 8, с.16 – 18.
2. Коэффициенты концентрации напряжений у болтовых отверстий в срезных соединениях авиационных конструкций. // Руководящие технические материалы. Изд. отдел ЦАГИ. – 1994, 22с.
3. Кожевников В.Ф. Давление диска на стенку отверстия в пластине, нагруженной произвольной системой сил в плоскости. // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1995, № 6, с. 87 – 95.
4. Кожевников В.Ф. Контактное взаимодействие болта со стыкуемыми элементами односрезного соединения. // Проблемы машиностроения и надежности машин, – 2002, № 1, с. 47 –53.
5. Кожевников В.Ф. Контактное взаимодействие болта со стенками отверстий в двусрезном соединении. // Проблемы машиностроения и надежности машин, – 2012, № 1, с. 55 – 60.
6. Кожевников В.Ф. Теория и расчет контактного взаимодействия элементов силовой цилиндрической пары в срезных соединениях. – М.: Палеотип, 2013, 234с.
7. Кожевников В.Ф. Местная податливость связи в односрезном болтовом соединении. // Вестник машиностроения. – 2015, № 1, с. 12 – 18.

8. Кожевников В.Ф. Распределение усилий по рядам односрезных поперечных болтовых стыков // Вестник машиностроения. – 2015, № 7, с. 6 – 10.

9. Кожевников В.Ф., Фирсанов В.В. Концентрация напряжений на кромке круглого отверстия с односторонним кольцевым подкреплением. // Вестник машиностроения. – 2016, № 4, с. 45 – 47.

В этих и остальных статьях изложены разработанные автором теоретические основы контактного взаимодействия болта со стенками отверстий в срезных соединениях, получены аналитические решения для расчета распределения погонной нагрузки и радиальных напряжений по всей поверхности контакта; разработан метод расчета распределения нагрузки по рядам многорядных стыков сложной конфигурации, выполнен большой объем экспериментальных исследований, подтвердивших достоверность теоретических решений.

Вся теоретическая часть диссертации выполнена автором самостоятельно, экспериментальные исследования выполнены под руководством и непосредственном участии диссертанта.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от официальных оппонентов и ведущей организации, отзывы положительные;

1. от доктора технических наук, директора Научно-исследовательского и летно-испытательного центра АО «Гос МКБ «Вымпел» им. И.И.Торопова», Правидло М.Н., отзыв положительный;
2. от доктора технических наук, с.н.с., старшего научного сотрудника АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Кондратенко Леонида Анатольевича; отзыв положительный;
3. от доктора технических наук, профессора кафедры «Роботехника, мехатроника, динамика и прочность машин» ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», Муницына Александра Ивановича, отзыв положительный;
4. от доктора технических наук, профессора МГТУ им. Баумана, Тимофеева Г.А., отзыв положительный;

5. от доктора технических наук, начальника Конструкторского бюро производственного комплекса «Салют» АО «ОДК», Лопаницина Е.А., отзыв положительный;
6. от кандидата технических наук, заместителя директора по проектированию ОКБ Сухого, ученого секретаря НТС, Стрельца Д.Ю.

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 отзыве официальных оппонентов и ведущей организации имеются следующие основные критические замечания:

1. Развитые автором аналитические методы расчета напряженно-деформированного состояния соединений, а также используемый им экспериментальной проверки поляризационно-оптический метод, применимы лишь к изотропным материалам.
2. При решении пространственных задач о контактном взаимодействии деталей соединений автор пренебрегает затяжкой болтов.
3. Результаты предложенных автором аналитических выражений для оценки местной податливости крепежных точек не сравниваются с результатами европейских и американских авиационных фирм.
4. При постановке задачи о контактном взаимодействии диска и стенок отверстия пластины происходит смещение диска в отверстии, что вызывает на поверхности контакта силы трения. Хотелось бы знать их влияние на распределение напряжений около отверстия.
5. При эксплуатации конструкций с болтовыми соединениями, работающими на срез, основным видом разрушения является разрушение листа в зоне максимальной концентрации напряжений около отверстий. Следовало бы дать рекомендации конструкторам по снижению концентрации напряжений около отверстий.

6. В работе нет достаточного обоснования полученных решений при наличии переменных нагрузок, в том числе с наличием упругопластических деформаций.
7. Не ясно, насколько справедливы решения для материалов, имеющих различное структурное состояние со статическим разрушением на отрыв и на скол.
8. На стр.61 сказано, что силы, действующие на диск и пластину независимы, вследствие чего возникает вопрос о соблюдении условий равновесия.
9. В уравнении (3.3) на стр. 122 величина $\Delta_0(0)$ не зависит от $q(z)$, как сказано в тексте, а зависит от усилия среза.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. На рис. 4б) представлено семейство кривых распределения контактной нагрузки, при этом кривая 4 явно выпадает из этого семейства, в реферате не дано объяснения этому факту.

2. Предложенная автором система уравнений справедлива только для односрезных соединений, однако, в реферате это не оговаривается.

3. На рис. 5б) дано сравнение коэффициентов концентрации погонной контактной нагрузки, рассчитанных по методике диссертанта (кривая 1) и по известной методике (кривая 4), дающее большое расхождение, объяснения которому в автореферате нет.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что официальные оппоненты являются ведущими учеными по заявленной научной специальности, имеющими значительное количество публикаций близких к теме диссертации.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что **ФГБУП «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского» (ЦАГИ)** проводит исследования и разработки методик по расчету на прочность болтовых соединений, передающих усилие среза, о чем свидетельствуют имеющиеся публикации сотрудников ведущей организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны теоретические основы расчета контактного взаимодействия болта со стенками отверстий в стыкуемых элементах соединений летательного аппарата, передающих усилие среза, при максимальном приближении расчетной модели к условиям работы натурного многорядного стыка, получены уравнения, описывающие распределение погонной нагрузки и радиальных напряжений по всей поверхности контакта, которые необходимы для расчета локального напряженного состояния зоны болтового отверстия; разработаны новые методики проведения экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния элементов болтовых соединений на их плоских и объемных моделях методами фотоупругости.

предложены новые методы расчета местной податливости связи и расчета распределения усилий по рядам многорядных поперечных стыков сложной конфигурации, основанные на созданной автором универсальной системе уравнений.

доказано, что в рамках линейной постановки, контактная задача для тел с круговой поверхностью контакта может иметь достаточно простое приближенное решение в случае использования некоторых характерных закономерностей в распределении напряжений и деформаций вблизи зоны контакта, обнаруженных диссертантом в процессе экспериментальных исследований.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

получена аналитическая зависимость между суммарными величинами радиальных перемещений контактирующих поверхностей диска и стенки отверстия пластины, произвольно нагруженной по кромкам, и возникающими при этом радиальными напряжениями, а также получены уравнения для расчета распределения погонной контактной нагрузки по толщине стыкуемых элементов одно- или двусрезных соединений, при этом разработанная расчетная модель максимально приближена к условиям функционирования многорядных поперечных болтовых стыков;

изложены методы расчета суммарных величин радиальных перемещений контактирующих поверхностей диска и стенки отверстия, а также комбинированный подход к решению задачи о давлении диска на стенку отверстия.,

основанный на применении некоторых характерных закономерностей в распределении напряжений и деформаций на поверхности контакта и вблизи ее, обнаруженных автором экспериментально оптическими методами на плоских моделях, аналогичным образом было получено решение о распределении погонной контактной нагрузки;

раскрыты возможности получения уравнений для расчета погонной контактной нагрузки в виде, замкнутом на толщине каждого из стыкуемых элементов одно – или двусрезных соединений, за счет определения одного из граничных условий экспериментально-аналитическим методом;

изучены закономерности распределения радиальных контактных напряжений при вариации соотношений усилий, приложенных к диску и к кромкам пластины, с учетом различия свойств их материалов, при наличии или отсутствии натяга, изучено влияние соотношения толщин стыкуемых элементов и диаметра болта на распределение погонной контактной нагрузки;

проведена модернизация расчетной модели соединения в сторону максимального приближения ее к условиям работы многорядного натурального стыка.

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

разработаны методы расчета распределения радиальных напряжений по всей поверхности контакта болт-стенка отверстия, которое может быть принято как наиболее достоверное граничное условие для расчета локального напряженного состояния зоны болтового отверстия; метод расчета местной податливости связи, метод расчета распределения усилий по рядам многорядных поперечных стыков сложной конфигурации.

определены пределы применимости полученных теоретических решений, ограниченные условием линейной зависимости между напряжениями и деформациями, а также статическим приложением нагрузки к соединению.

созданы экспериментальные установки для проведения исследований напряженно-деформированного состояния элементов болтовых соединений на их плоских и объемных моделях, выполнены новые методические разработки для

повышения достоверности измерений и обработки их результатов.

представлена система практических рекомендаций по рациональному выбору геометрических параметров соединения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

в экспериментальном разделе все работы выполнены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования, полученные результаты измерений и их обработки проходили проверку общепринятыми в методе фотоупругости способами.

в теоретическом разделе использованы известные решения механики твердого деформируемого тела, оценка достоверности теоретических результатов выполнена путем сопоставления, частично, с известными результатами, но, в основном, путем сопоставления с данными, полученными в экспериментальном разделе диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке теоретического раздела диссертации, выполненной соискателем лично, экспериментальная часть выполнена под его руководством и при его непосредственном участии.

Совокупность выполненных автором исследований и разработанных теоретических и практических положений можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы, заключающейся в создании теории контактного взаимодействия болта со стенками отверстий в срезных болтовых соединениях летательного аппарата, передающих усилие среза. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 16 октября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Кожевникову Владимиру Федоровичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов технических наук по специальности 01.02.06 «Ди-

намика, 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 1, 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.

16 октября 2019 года

