

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.055.04 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22 апреля 2016 года № 9

О присуждении Васильеву Алексею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Математическое моделирование и численное исследование композитных материалов в области предельной прочности» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, принята к защите 10 февраля 2016 года, протокол № 5, диссертационным советом Д 999.055.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, приказ Минобрнауки России от 27 ноября 2015 г. № 1483/нк.

Соискатель Васильев Алексей Сергеевич 1988 года рождения, в 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточная государственная социально-гуманитарная академия». В 2012 году окончил магистратуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема». В 2014 году окончил магистратуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет». В 2015 году окончил очную аспирантуру по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и

комплексы программ, в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет». С 1 апреля 2016 года временно работает младшим научным сотрудником НИР 9.356.2014/К УНИД, при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации. Диссертация выполнена на кафедре «Прикладная математика и информатика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Научный руководитель** - доктор технических, профессор, Тарануха Николай Алексеевич, заведующий кафедрой «Кораблестроение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет».

**Официальные оппоненты:**

Одинокова Ольга Анатольевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ)», г. Хабаровск;

Соснин Александр Александрович, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории проблем металлотехнологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Комсомольск-на-Амуре,

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, в своем положительном заключении, подписанном Бочаровой Анной Альбертовной (заведующая кафедрой Механики и математического моделирования, кандидат

физико-математических наук), Любимовой Ольгой Николаевной (профессор кафедры Механики и математического моделирования, кандидат физико-математических наук), Цуприком Владимиром Григорьевичем (профессор кафедры Механики и математического моделирования, кандидат технических наук), и утвержденным ВрИО проректора по науке и инновациям Щека Олегом Леонидовичем указала, что диссертация Васильева А.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные решения линейных и физически нелинейных задач исследования композитных материалов в области предельной прочности и расчёта конструкций из этих материалов. Результаты исследований, полученные в данной диссертации, имеют практическое значение. Выводы и рекомендации, приведенные в данной работе, обоснованы. В автореферате и публикациях соискателя в полной мере отражено содержание диссертации, а также наиболее существенные положения, выводы и рекомендации. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам паспорта специальности: разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений; разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий; реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента; комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента. Диссертация отвечает требованиям положения ВАК о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Васильев Алексей Сергеевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ. В том числе по теме диссертации 11 работ, из которых 4 опубликованы в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Публикации представляют собой статьи в

научных изданиях и тезисы выступлений на научных конференциях, изданные как в соавторстве, так и лично. Общий объем работ по теме диссертации составляет 2,44 печатных листа. Авторский вклад в подготовку работ, опубликованных в соавторстве, заключается в разработке методики, алгоритмов и математической модели для численных исследований композитных материалов в области предельной прочности и несущей способности конструкций из этих материалов, а также доказательстве основных результатов исследований путем сравнения с данными независимых источников по тематике диссертации и расчетами в различных сертифицированных и известных программных продуктах.

Наиболее значимые работы:

1. **Васильев, А.С.** Разработка алгоритмов численного моделирования балочных конструкций из композитных материалов для портовых и берегозащитных сооружений. / А.С. Васильев // Ученые записки КнАГТУ: Науки о природе и технике. - 2015. - № III – 1(23). – С 88-93

2. **Тарануха, Н.А.** Алгоритмы и модели при численном проектировании композитных сред на заданные характеристики для морских сооружений. / Н.А. Тарануха, А.С. Васильев // Ученые записки КнАГТУ: Науки о природе и технике. – 2015. - № I - 1(21). – С. 81-86

3. **Тарануха, Н.А.** Численное исследование предельной несущей способности конструкций из композитных материалов. / Н.А. Тарануха, А.С. Васильев // Морские интеллектуальные технологии: Кораблестроение, информатика, вычислительная техника и управление – 2015. - № 3 (29) Т. 2. – С. 27-32.

4. **Тарануха, Н.А.** Анализ критериев предельного состояния конструкций из композитных материалов. / Н.А. Тарануха, А.С. Васильев // Ученые записки КнАГТУ: Науки о природе и технике. – 2015. - № III – 1(23). – С. 81-87

5. **Vasilyev, A.S.** Algorithms and numerical model for the research of limit state of structures of composite materials / A.S. Vasilyev, N.A. Taranukha // the 29th Asia-Pacific Technikal Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures (TEAM-2015). – Vladivostok, Russua – 2015. – P. 29-34.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы** (все положительные, указывается основное отражение замечаний):

Отзыв на диссертацию ведущей организации ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» (г. Владивосток) имеет замечания:

- 1) Задача по анализу и систематизации моделей механики композитов и конструкций, выполненных из них, в предразрушающей области сложна и является по существу темой отдельного исследования. Представленный автором аналитический обзор фактически посвящён обзору классических методов расчёта конструкций с использованием различных критериев прочности. Перечень литературы при выполнении заявленного аналитического обзора очень краток, приводятся ссылки на литературные источники в основном конца восьмидесятых годов прошлого века.
- 2) При комбинировании механических характеристик материалов (стр. 66 - 67) автор использует стандартный подход, применяемый при расчете физико-механических характеристик для гетерогенных сред со структурой типа статистических механических смесей с изотропными составляющими, который приводит к формулам гармонического и арифметического средневзвешенных. Однако в данном подходе обычно рассматриваются массы, а не объёмы входящих в композит материалов, что позволяет учесть их плотность. Автором в формулах (3.47) и (3.48) предложено использование объёмов, следовало бы проверить, как коррелирует данный подход с традиционным.
- 3) При тестировании предложенной методики автором допускаются некорректная интерпретация некоторых результатов, например, при расчёте изгиба шарнирно-опёртой балки под действием вертикальной нагрузки приложенной посередине балки (стр. 98 - 103) приводится эпюра напряжений в поперечном сечении в середине пролёта балки. Представляется разумным рассматривать сечения на некотором расстоянии от места приложения нагрузки. Сами рисунки 5.8 и 5.9 и им подобные сложно называть эпюрой, это скорее кривые напряжений, тоже, кстати, непонятно каких? Если нормальных, тогда в направлении какой оси, то же – если касательных?
- 4) К сожалению, в тексте диссертационной работы и автореферата регулярно встречаются опечатки в формулах, некорректные формулировки, которые затрудняют чтение работы, например: расчётное сопротивление называется прочностью; нагрузка измеряется

в тоннах (стр. 94 - 99); на рисунках 5.3 и 5.12 некорректно отражено шарнирное опирание швеллера (в двух и четырёх точках, соответственно); в блок-схеме на рисунке 4.3 на двух предпоследних ступеньках  $V_2$  в знаменателе, вместо  $V$  и т.п.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Одиноквой О.А. имеет замечания: 1) Матрица жесткости, разработанная автором, может учитывать работу достаточно большого количества материалов в составе конечного элемента. Однако, в тестовых расчетах рассматриваются конструкции из композитного материала, имеющего в своем составе лишь два материала. Хотелось бы, чтобы автор применил данную матрицу жесткости для конечного элемента с действительно большим числом различных материалов. При этом не учитывается ориентация материалов внутри композитного конечного элемента, что, несомненно, является недостатком данной матрицы жесткости. Учет вышеперечисленных положений может оказать влияние на результаты при решении ряда задач расчета конструкций из композитных материалов. 2) Большинство расчетов, в том числе все расчеты в нелинейной постановке, выполнены для материала железобетона. Возникает разумный вопрос, почему именно железобетон использовался автором для проверки разработанной им математической модели и методики. 3) Методика и математическая модель, используемые автором, не позволяют учитывать адгезию, работу армирующих элементов между трещинами, и другие сложные эффекты, возникающие в композитных материалах при разрушении конструкции. 4) На странице 111 вертикальные перемещения балки  $v_0$  почему-то обозначено большой буквой, как автором обозначался объем  $V$ . На страницах 18, 22, 125 наблюдаются орфографические ошибки в словах.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Соснина А.А. имеет замечания: 1) Автор позиционирует данную математическую модель как универсальную, позволяющую учитывать любое количество материалов внутри конечного элемента, однако математическая модель, приведенная в диссертационной работе, не учитывает направление армирующих элементов внутри конечного элемента. Это может оказывать существенное влияние на результаты расчетов при решении некоторых задач, влияет на универсальность применения данной модели. 2) Математическая модель тестировалась лишь при

простых напряженных состояниях, преимущественно на изгиб конструкций. Однако при сложных напряженных состояниях погрешность результатов может быть достаточно большой. 3) Не совсем понятно, зачем использовать объемные конечные элементы, если разработанная автором аппроксимационная зависимость для диаграмм деформирования материалов, подходит лишь для простых напряженных состояний.

Отзыв на автореферат Антоненко С.В., доктора технических наук, профессора кафедры Кораблестроения и океанотехники ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет (ДФУ)», г. Владивосток, имеет следующие замечания: 1) Хорошо известно, что бетон по-разному ведет себя при растяжении и при сжатии. Тем не менее, автор считает возможным строить диаграммы растяжения бетона аналогично диаграмма сжатия. 2) Судя по автореферату, конечный элемент в форме параллелепипеда имеет 3 степени свободы в каждом узле (линейные перемещения), в результате чего матрица жесткости имеет размерность  $24 \times 24$ , а не  $48 \times 48$ , как было бы при 6 степенях свободы в узле. При этом неясно, принимается ли во внимание возможность угловых перемещений. 3) В автореферате не отражены вопросы сходимости алгоритма решения нелинейной задачи, особенно в случаях, когда напряжения в элементах близки к пределу текучести. 4) Из автореферата не вполне ясно, как учитывается предварительное напряжение арматуры (когда арматура растянута, а бетон сжат) в расчетной модели. 5) Хотелось бы видеть в автореферате позицию автора относительно того, каковы преимущества и недостатки предлагаемых им программных продуктов и методики расчетов по сравнению с другими известными программами, которые использовались в работе для сравнительных оценок. 6) Имеются погрешности редакционного характера.

Отзыв на автореферат Бураковского Е.П., доктора технических наук, заведующего кафедрой Теории, эксплуатации судов и промышленного рыболовства Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (г. Калининград), имеет следующие замечания: 1) Не вполне понятен смысл термина «предельное состояние» применительно к композитному материалу. 2) Из текста реферата не ясно, как влияют технологические дефекты на предельную прочность

композитных материалов. 3) Работа композитных материалов предполагает совместное деформирование арматуры и заполнителя, однако в области предельного состояния совместность работы может быть нарушена. Непонятно, как это обстоятельство может быть учтено предложенной математической моделью.

Отзыв на автореферат Дзюбы В.А., кандидата технических наук, доцента кафедры «Строительство и архитектура», ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» (г. Комсомольск-на-Амуре), имеет следующие замечания: 1) Для расчетов железобетонных конструкций автор использовал только восходящую ветвь диаграммы деформирования бетона. Это допустимо, однако для более полной оценки напряженно-деформированного состояния следует использовать также нисходящую ветвь данной диаграммы.

Отзыв на автореферат Зуева В.А., доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, заведующего кафедрой в ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород), имеет следующие замечания: 1) Переход к однородному материалу путем «размазывания» арматуры по объему в железобетонных конструкциях является слишком сильным допущением. 2) Структуру диссертации - глава, раздел главы следует читать как раздел, подраздел. 3) В формулах и графиках автореферата встречаются слишком мелкие символы затрудняющие прочтение.

Отзыв на автореферат Савченко В.Н., доктора физико-математических наук, профессора кафедры общей физики Школы естественных наук ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» (г. Владивосток), имеет замечания: 1) Полнее следовало раскрыть актуальность исследования, указать те виды композитных материалов и их конструкций, какие исследовались, и причину их выбора в данной конкретной работе. 2) Представляется, что п.1 научной новизны, как действительно научная новизна, в полной мере этому понятию не соответствует. Систематизация и классификация моделей и методик по направлению диссертационной работы, а также математических моделей критериев прочности материалов и конструкций, на наш взгляд, являются предметом постоянного изучения и оценки, если, конечно, это не касается тех

особенных, которые исследовались в данной работе. Но тогда это надо было бы отметить в этом пункте автореферата. 3) В пунктах, выносимых на защиту, содержатся не разъясненные сокращения МКЭ, НДС. 4) Формулы, перед нумерацией их, должны завершаться точкой или запятой, если предложение продолжается (например, в формулах (7), (9), (10), (12)-(15)).

Отзыв на автореферат Фрумена А.И., кандидата технических наук, доцента, профессора кафедры строительной механики корабля Санкт-Петербургского Государственного Морского Технического Университета (г. Санкт-Петербург), имеет замечания: 1) Вызывает сомнение эффективность метода последовательных приближений при больших нелинейностях. 2) Не показаны пути развития методики в случае сложного нагружения.

Отзыв на автореферат Чудинова Ю.Н., кандидата технических наук, доцента кафедры «Системы автоматизированного проектирования» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» (г. Комсомольск-на-Амуре), имеет замечания: 1) Предложенная математическая модель не учитывает геометрию расположения композиционного материала по объему конечного элемента, что может существенно влиять на результаты некоторых расчетов.

Отзыв на автореферат Земляка В.Л., кандидата физико-математических наук, проректора по научной работе и инновациям ФГБОУ ВПО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема» (г. Биробиджан), имеет замечания: 1) В автореферате не указано, какие именно преимущества имеет предложенная методика расчета напряженно-деформированного состояния композитных материалов в области предельной прочности по сравнению с известными методами решения и программными комплексами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными специалистами в исследуемой области, а ведущая организация широко известна достижениями работающих в ней специалистов в области науки, соответствующей тематике диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**проведены** анализ и систематизация математических моделей критериев прочности материалов и конструкций для их дальнейшего исследования;

**разработана** математическая модель для исследования поведения композитного материала на основе матрицы жесткости композитного нелинейного конечного элемента и аппроксимационных зависимостей диаграмм деформирования материалов, учитывающая изменение механических характеристик, входящих в нее материалов, в зависимости от напряженно – деформированного состояния на предыдущих этапах нагружения конструкции;

**предложена** методика определения напряженно-деформированного состояния конструкций из композитных материалов на различных этапах нагружения, включая предельные, позволяющая вычислять разрушающую нагрузку и максимальные перемещения конструкции, а также проследить за разрушением различных участков конструкции при нагружении;

**выполнена** апробация предложенной в диссертации математической модели при расчете балок и рамы в физически нелинейной постановке;

**сформулированы** выводы и рекомендации по применению данной методики и математической модели.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

**доказана** корректность разработанной методики, математической модели и программного комплекса для исследования композитных материалов и конструкций на стадии, близкой к разрушению;

**применительно к проблематике диссертации эффективно использован** метод конечных элементов с использованием итерационных процедур на базе общих принципов механики деформированного твердого тела, а также численных методов решения линейных и физически-нелинейных задач исследования композитов в области их предельных состояний;

**изложены** положения, теоретические зависимости, численные процедуры и методика определения напряженно-деформированного состояния конструкций из композитных материалов на различных этапах нагружения, включая предельные;

**раскрыты** новые возможности учета прочности композитных материалов и предельных состояний конструкций, на основе матрицы жесткости физически-нелинейного композитного конечного элемента и идеи комбинирования объемов;

**изучены** математические модели критериев прочности материалов для численного исследования конструкций из композитных материалов в области их предельных состояний;

**проведена модернизация** существующих вычислительных схем и алгоритмов для расчетов конструкций на основе метода конечных элементов, обеспечивающая получение новых результатов по теме диссертации.

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

**разработаны и внедрены** в учебный процесс кафедры «Кораблестроение» ФГБОУ ВО «КнАГТУ» четыре программы на ЭВМ (Composit, Strength, Ultimate State), разработанная автором математическая модель, методика и результаты выполненных исследований;

**определены** перспективы и области практического использования математической модели, методики и программного комплекса для исследования композитных материалов, и конструкций из этих материалов в области их предельных состояний;

**создана** система практических рекомендаций для применения разработанной автором математической модели и методики;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию разработанной методики применительно к более сложным математическим моделям для исследования композитных материалов и конструкций.

**Оценка достоверности результатов** исследования выявила:

**теория** основана на известных подходах численных методов, процедурах метода конечных элементов, традиционных уравнениях теории упругости;

**теоретические результаты** согласуются с экспериментальными данными и теоретическими результатами, полученными по методикам других авторов и в других апробированных и сертифицированных программных продуктах;

**установлено** соответствие авторских результатов с результатами из независимых источников по тематике диссертации.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в разработке представленной математической модели на основе матрицы жесткости нелинейного композитного конечного элемента, а также программного комплекса; выполнении

теоретических расчетов; обработке полученных результатов; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

**Диссертация охватывает основные вопросы** поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований, логичной структурой разделов диссертации, непротиворечивостью методик и процедур, взаимосвязью полученных результатов и выводов.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация Васильева Алексея Сергеевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предложена новая математическая модель, программный комплекс и методика для численного исследования композитов в области предельной прочности и расчета конструкций из композитных материалов, что имеет существенное значение в области исследования деформирования, повреждения и разрушения композитных материалов и конструкций, позволяет определять несущую способность конструкций и их напряженно-деформированное состояние на различных этапах нагружения.

На заседании 22 апреля 2016 года диссертационный совет Д 999.055.04 принял решение присудить Васильеву Алексею Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 19, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председательствующий  
(зам. председателя  
диссертационного совета)



Буренин Анатолий Александрович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Лошманов Антон Юрьевич

22 апреля 2016 г.