

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича «Совершенствование редуционных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Расчеты современных строительных конструкций с применением МКЭ требуют решения СЛАУ большой размерности. Особенно актуальна разработка эффективных методов решения для разреженных и плохо обусловленных матриц, возникающих при использовании смешанных и гибридных формулировок МКЭ, которые до сих пор исследованы недостаточно.

Целью диссертационной работы И.С. Завьялова выступает разработка и совершенствование редуционных алгоритмов, основанных на методе конечных элементов в форме классического смешанного метода. Данная проблема представляется весьма *актуальной*, учитывая растущий интерес к смешанным формулировкам, а также то, что МКЭ в форме КСМ представляет собой перспективную альтернативу МКЭ в перемещениях, данное исследование является весьма актуальным.

Для решения поставленной задачи соискатель эффективно использует метод конечных элементов в форме классического смешанного метода, эффективность которого продемонстрирована в работах научного руководителя соискателя Игнатьева А.В. и других исследователей, представляющих научную школу, созданную В.А. Игнатьевым. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Завьяловым И.С. разработаны новые алгоритмы редуцирования системы линейных алгебраических уравнений на основе МКЭ в форме классического смешанного метода, а также проведена верификация полученных результатов через решение известных задач-тестов. Все указанные результаты получены автором впервые. Таким образом, можно говорить и о *научной новизне* работы.

Необходимо сделать следующие замечания по автореферату:

1. Не очень удачен, на мой взгляд, выбор в качестве тестового примера задачи расчета пластины с квадратным отверстием. Как мне представляется, в углах отверстия усилия будут стремиться к бесконечности при сгущении сетки.
2. В рассмотренных примерах порядок СЛАУ составлял не более 1000 неизвестных. В дальнейшем рекомендуется протестировать стабильность и эффективность работы предложенных алгоритмов на СЛАУ порядка 10^5 - 10^6 .

Резюмируя сказанное, считаю, что в диссертации Завьялова И.С. присутствует полная постановка теоретической проблемы, численное и аналитическое решение поставленной задачи и диссертация является законченной научной работой, удовлетворяет всем требованиям и критериям ВАК России к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Доктор технических наук по специальности 2.1.9. (05.23.17)
Строительная механика, доцент,
профессор кафедры "Строительная механика и теория сооружений",
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»



Чепурненко Антон
Сергеевич

02 04 2025 г.

Подпись А.С. Чепурненко заверяю
Ученый секретарь ученого совета ДГТУ



Анисимов Владимир
Николаевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный технический университет" (ДГТУ), 344003, ЮФО, Ростовская область, г.Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел.: +7(863)273-85-25; e-mail: reception@donstu.ru

Кафедра "Строительная механика и теория сооружений" ДГТУ, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, корпус 26, каб. 202; тел.: +7(863)201-91-36; e-mail: spu-52.4@donstu.ru

«02» ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-31 «07» 04 2025 г. ВолгГТУ
----------------	--

С отзывом ознакомлен
Зав / Завьялов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича «Совершенствование редуцированных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 – Строительная механика

Тема диссертационной работы Завьялова Ивана Сергеевича актуальна так как в ней рассматриваются важные для развития теории и практического применения альтернативы наиболее распространённому МКЭ в форме перемещений - методу конечных элементов в форме классического смешанного метода (КСМ), активно разрабатываемого научным руководителем диссертационной работы Игнатьевым А.В. и рядом других исследователей, представляющих научную школу Игнатьева В.А.

Предметом диссертационной работы И.С. Завьялова является применение КСМ для редуцирования СЛАУ высокого порядка, получаемых при расчете пластин на статическое и динамическое воздействие.

Автором самостоятельно разработан унифицированный базовый алгоритм для редуцирования СЛАУ МКЭ в форме КСМ, основанный на интерполяции основных неизвестных смешанного метода, на основе которого разработаны:

- частные специализированные алгоритмы редуцирования СЛАУ МКЭ в форме КСМ, описывающих НДС конструкции на основе различных вариантов интерполяции основных неизвестных в узлах мелкой конечно-элементной сетки через значения неизвестных в узлах крупной сетки;
- специализированный алгоритм редуцирования частотных уравнений на основе МКЭ в форме КСМ;
- комбинированные алгоритмы редуцирования частотных уравнений, сочетающие алгоритм на основе интерполяции неизвестных и методы конденсации в форме КСМ.

Эффективность разработанных алгоритмов подтверждена численным решением тестовых примеров: расчета пластин на статическое и динамическое воздействие, и сравнением с имеющимися аналитическими решениями и результатами, полученными другими исследователями.

Работа И.С. Завьялова имеет практическую значимость. Разработанные алгоритмы создают основу для разработки новых и внедрения в уже существующие, реализующие МКЭ в форме КСМ, программные средства.

Исследования выполнены соискателем на высоком научно-техническом уровне с применением современных средств и методов. Результаты работы Завьялова И.С. прошли апробацию с обсуждением на научно-практических конференциях различного уровня. По теме диссертации имеются 7 публикаций в научных рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 2 в изданиях, индексируемых в международной наукометрической базе данных «Scopus», 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

По автореферату имеется замечание, не влияющие на общую положительную оценку работы:

Из текста автореферата не ясно почему в частном алгоритме редуцирования №2 для установления связи между смешанными неизвестными во второстепенных и главных узлах выбран неполный бикубический полиномом

В целом по автореферату можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Завьялова Ивана Сергеевича актуальна по теме, выполнена на современном научном уровне, полученные в ней результаты имеют научную новизну.

Считаю, что по критериям актуальности, научной новизне, практической значимости и числу публикаций работа соответствует требованиям ВАК РФ Содержание работы, оцениваемой как законченное научное исследование, соответствует паспорту научной специальности 2.1.9 – Строительная механика. Работа удовлетворяет всем требованиям и критериям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а её автор

Завьялов Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 – Строительная механика.

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Доктор технических наук
(специальность 1.2.2 –
Математическое моделирование,
численные методы и комплексы
программ),
профессор 7-й кафедры
управления строительством и
эксплуатацией объектов военной
инфраструктуры,
ВИ (ИТ) ВА МТО

Ширунов Гурий
Николаевич



И.Н. ПИКО
Начальник института
безопасности военной
инфраструктуры

Р. ПРИПОЛЬЦЕВ

11 апреля 2025 г.

Военный институт (инженерно-технический) федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации

Адрес: 191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, 22

Телефон: +7-621-642-98-07

E-mail: guriyn@mail.ru

«03» ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-43 «28» 04 2025 г. ВолгГТУ
----------------	--

С отзывом ознакомлен
Завьялов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича «Совершенствование редуцированных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Метод конечных элементов (МКЭ) в форме классического смешанного метода является альтернативным методом строительной механики, альтернативным устоявшемуся МКЭ в перемещениях. Альтернативный подход, основанный на МКЭ в форме КСМ, предоставляет возможность повышения точности расчетов строительных конструкций.

Анализ эффективности альтернативных методов применительно к различным задачам строительной механики, расширение области их применения и выявление тех областей, в которых альтернативные методы более эффективны в сравнении с уже устоявшимися, является, несомненно, актуальной проблемой строительной механики, как науки.

Целью диссертационной работы является разработка и совершенствование алгоритмов редуцирования СЛАУ высокого порядка, получаемых при расчете пластин на статическое и динамическое воздействие с использованием МКЭ в форме КСМ. Актуальность и научная новизна этой цели определяет и перечень задач исследования, сформулированных диссертантом.

Соискателем разработаны и верифицированы на известных задачах-тестах новые алгоритмы редуцирования СЛАУ на основе МКЭ в форме КСМ, что является значительным достижением и подтверждает научную новизну исследования.

Достоверность этих результатов подтверждается сравнением результатов решения задач с имеющимися аналитическим решением, принимаемым за точное, а также решениями, полученными другими методами.

В автореферате четко и логически последовательно изложено содержание диссертационной работы.

Список публикаций по теме диссертации позволяет сделать вывод о достаточно полном отражении в них основных результатов диссертационного исследования.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В автореферате хотелось бы видеть больше графических данных, которые позволили бы более наглядно представить полученные результаты.

В целом по автореферату можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Завьялова Ивана Сергеевича актуальна по теме, выполнена на современном научном уровне, полученные в ней результаты содержат научную новизну и могут найти применение в создании программных модулей для расчета строительных конструкций.

Содержание работы, оцениваемой как законченное научное исследование, соответствует научной специальности 2.1.9. Строительная механика; работа удовлетворяет критериям и требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Доктор технических наук по специальности
2.1.9. (05.23.17) Строительная механика,
доцент, доцент кафедры «Строительная
механика и теория сооружений» ДГТУ



Степан
Викторович
ЛИТВИНОВ

04 апреля 2025 года

Подпись руки д-ра техн. наук,
доц. С. В. Литвинова удостоверяю
учёный секретарь учёного совета ДГТУ




Владимир
Николаевич
АНИСИМОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), 344003, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел.: +7(863)273-85-25; e-mail: reception@donstu.ru

Кафедра «Строительная механика и теория сооружений». Адрес: 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162/32. Кампус 26, этаж 2, ауд. 26-202; тел.: +7(863)201-90-60; e-mail: spu-52.5@donstu.ru;

С отзывом ознакомлен
Завьялов

« 02 » ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-44 « 28 » 04 2025 г. ВолгГТУ
------------------	--

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича
«Совершенствование редуцированных алгоритмов расчета пластин при
статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме
классического смешанного метода», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9.
Строительная механика**

Согласно автореферату, работа Завьялова Ивана Сергеевича посвящена актуальной проблеме развития альтернативных общепринятому на сегодняшний день методу конечных элементов (МКЭ) в форме метода перемещений, а именно – дальнейшему теоретическому развитию МКЭ в форме классического смешанного метода. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности расчетов строительных конструкций с применением МКЭ, особенно в контексте малоизученных смешанных и гибридных формулировок.

Целью диссертационной работы является разработка и совершенствование алгоритмов редуцирования СЛАУ высокого порядка, возникающих при расчете пластин на статическое и динамическое воздействие с использованием МКЭ в форме КСМ и определение эффективности разработанных алгоритмов в сравнении с уже существующими.

Практическая значимость работы заключается в возможности создания на основе разработанных алгоритмов эффективных программных модулей для расчета строительных конструкций, реализующих МКЭ в форме КСМ.

Автореферат диссертации выполнен на высоком научном уровне, позволяющем оценить вклад автора в изучаемую проблему.

Достоверность полученных результатов обеспечена: – использованием в работе основных гипотез и допущений строительной механики; – обоснованностью численных методов решения систем линейных алгебраических уравнений; – сравнением результатов решения задач с имеющимися решениями других авторов, полученными другими методами.

По содержанию автореферата можно сделать следующее замечание:

На рисунке 5 не указаны величины, отложенные на осях координат, что затрудняет интерпретацию данных.

Сделанное замечание не может повлиять на общую положительную оценку работы в целом.

Считаю, что по научной новизне, актуальности темы, научному уровню и практическим результатам, диссертационная работа Завьялова Ивана Сергеевича является законченной научной работой, удовлетворяет всем требованиям и критериям ВАК России к кандидатским диссертациям, а автор

заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальностям 2.1.9. Строительная механика.

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Кандидат технических наук по
специальности 2.1.9. (05.23.17)
Строительная механика, доцент,
заведующий кафедрой
«Сопротивление материалов,
теоретическая и строительная
механика», ФГБОУ ВО ДГТУ

Пайзулаев Магомед
Муртазалиевич

03.04.2025 г.

Подпись М.М. Пайзулаева
заверяю:
Ученый секретарь Ученого
совета, кандидат экономических
наук, доцент



Гасанова Наида
Мухудадаевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Дагестанский государственный технический
университет»

Адрес: 367026, Российская Федерация, Республика Дагестан, г. Махачкала,
проспект Имама Шамиля, 70.

Телефон: +7 (960) 421-72-75

E-mail: smdstu@mail.ru

«02» ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-45 «29» 04 2025 г. ВолгГТУ
----------------	--

С отзывом ознакомлен
Зав / Завьялов

Отзыв

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича «Совершенствование редуцированных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.9 Строительная механика

Работа посвящена актуальному вопросу разработки и совершенствования алгоритмов редуцирования систем линейных алгебраических уравнений высокого порядка, получаемых при расчете пластин на статическое и динамическое воздействие с использованием МКЭ в форме классического смешанного метода.

Автором представлен анализ российских и зарубежных теоретических и экспериментальных публикаций ученых, работавших в данном направлении. Обоснована необходимость и актуальность работы.

Разработан унифицированный базовый алгоритм-платформа для редуцирования систем линейных алгебраических уравнений МКЭ, основанный на интерполяции основных неизвестных смешанного метода.

На основе базового унифицированного алгоритма разработаны частные специализированные алгоритмы редуцирования систем линейных алгебраических уравнений МКЭ, описывающих напряженно-деформированное состояние конструкции на основе различных вариантов интерполяции основных неизвестных в узлах мелкой конечно-элементной сетки через значения неизвестных в узлах грубой сетки.

Автором разработаны комбинированные алгоритмы редуцирования частотных уравнений, сочетающие алгоритм на основе интерполяции неизвестных и методы конденсации в форме КСМ с применением статически редуцированной на основе интерполяции матрицы откликов, обеспечивающей достаточную точность при решении задач статики. Эффективность разработанных алгоритмов подтверждена численным решением тестовых примеров.

В качестве замечания можно отметить следующие:

- в третьей главе автореферата рассмотрен расчет плит на упругом основании. Приводится сравнение расчета, выполненного на основе МКЭ в форме КСМ с использованием метода компенсирующих нагрузок без редукции основных неизвестных, с использованием метода компенсирующих нагрузок и редукцией основных неизвестных с использованием билинейной интерполяции с решениями, полученными с использованием ПК ЛИРА. При этом указывается, что увеличение числа конечных элементов приводит к более точным результатам, однако это не всегда так. Интересно было бы посмотреть сравнение с аналитическими решениями.

В целом, по содержанию, структуре и объему представленная работа является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему. Диссертационная работа «Совершенствование редуционных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода» соответствует требованиям, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Завьялов Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 Строительная механика.

Кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой уникальных
зданий и сооружений
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования
"Юго-Западный государственный университет"
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.
т. +7(4712)22-24-54, ag-kolesnikov@mail.ru
Специальность 05.23.17 – Строительная механика

Колесников Александр
Георгиевич



Подпись Колесникова А.Г.
Удостоверяю
Специалист по кадрам
Сметанина М.
21.04.2025г.

« 02 » ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-51 « 07 » 05 2025г. ВолгГТУ
------------------	---

С отзывом ознакомлен
Зав / Завьялов

Отзыв

**на автореферат кандидатской диссертации Завьялова Ивана
Сергеевича «Совершенствование редуционных алгоритмов расчета
пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ
в форме классического смешанного метода», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.1.9 – Строительная механика**

Актуальность разработки и совершенствования алгоритмов расчета, базирующихся на методе конечных элементов (МКЭ) и ориентированных на повышение вычислительной эффективности, не вызывает сомнений. Данная задача представляет значительный интерес как с точки зрения развития самого МКЭ, так и в контексте расширения области его применения. При этом, методы формирования и решения большеразмерных СЛАУ, связанные с применением смешанных и гибридных формулировок, до сих пор остаются малоизученными. Учитывая растущий интерес к этим формулировкам, важно отметить, что МКЭ в форме классического смешанного метода является альтернативным подходом к устоявшемуся МКЭ в перемещениях, и анализ его эффективности, расширение области применения - актуальная задача строительной механики.

Диссертантом в автореферате кратко и содержательно отражена степень разработанности темы исследования. Четко и ясно сформулированы цель и задачи исследования, а также научная новизна.

Для решения поставленных задач соискатель эффективно использует метод конечных элементов в форме классического смешанного метода, что обеспечивает достоверность полученных результатов. В диссертации разработаны новые алгоритмы редуцирования СЛАУ на основе МКЭ в форме классического смешанного метода, результаты верифицированы решением известных задач-тестов, и все результаты получены автором впервые.

Тем не менее, к автореферату возникают следующие замечания, которые, однако, не снижают общего уровня работы:

1. В примере № 5 тестовой задачи стр. 17 автореферата табл. 8 не совсем понятно какой применен для вычисления метод шаговый или шагово-итерационный?
2. Пример № 6 тестовой задачи на стр. 19 автореферата для решения задачи указаны не все исходные данные.
3. В автореферате полученные результаты показаны в табличной форме, на наш взгляд более наглядно было бы дать часть полученных результатов в виде графиков.
4. Во второй главе автореферата рассматриваются алгоритмы редуцирования систем уравнений МКЭ в форме классического смешанного метода с использованием интерполяции основных неизвестных для статического расчета пластин. Подробно описан эффективный и новый базовый алгоритм построения редуцированной системы уравнений, описывающей напряженно-деформированное состояние двумерной конструкции, который основан на интерполяции основных неизвестных смешанного метода в узлах конечно-элементной сетки с мелкими ячейками через значения тех же неизвестных в узлах конечно-элементной сетки с крупными, который эффективен в расчетах изгибаемых пластин при статических и динамических нагрузках, для чего в четвертой главе автореферата рассматривается модификация базового алгоритма редуцирования систем конечно-элементных уравнений статического расчета двумерных конструкций?
5. На наш взгляд материалы таких диссертаций надо публиковать в центральном журнале «Строительная механика и расчет сооружений», а не в региональных журналах, так как аспирантам трудно найти данные издания.

В целом, диссертационная работа удовлетворяет критериям ВАК на соответствие исследования уровню кандидатской диссертации, а диссертант – Завьялов Иван Сергеевич заслуживает присвоения ему ученой степени

С отзывом ознакомлен
(Закр)

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича «Совершенствование редуцированных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Актуальность разработки и совершенствования алгоритмов расчета на основе МКЭ для повышения вычислительной эффективности крайне высока и обусловлена многими факторами. В данной теме следует отметить тенденцию к росту сложности и детализации расчетных моделей: современные программные комплексы позволяют создавать модели зданий и сооружений с высокой степенью детализации, что приводит к экспоненциальному росту размерности СЛАУ. Без оптимизации алгоритмов такие расчеты становятся невыполнимыми или требуют неприемлемо большого времени. Поэтому разработка и совершенствование алгоритмов расчета на основе МКЭ, направленных на повышение вычислительной эффективности привлекает внимание многих исследователей. Ей посвящено большое количество статей и монографий отечественных и зарубежных ученых. В связи с этим тема диссертации представляется, несомненно, актуальной.

В рамках представленных исследований автор придерживается метода конечных элементов в форме классического смешанного метода – альтернативного метода в сравнении с традиционным МКЭ в форме метода перемещений.

Диссертант достаточно полно освещает степень разработанности темы исследования и приходит к выводу о том, что вопросы разработки и совершенствования алгоритмов редуцирования СЛАУ на основе альтернативных формулировок МКЭ остаются мало изученными в рамках современной строительной механики.

Исходя из этого, он конкретизирует цель исследования – разработка и совершенствование алгоритмов редуцирования СЛАУ высокого порядка, получаемых при расчете пластин на статическое и динамическое воздействие с использованием МКЭ в форме классического смешанного метода, и ставит задачи исследования. Все результаты получены автором впервые, что подтверждает научную новизну исследования, в том числе это подтверждает анализ содержания глав диссертации. Достоверность результатов исследования не вызывает сомнений.

Ценность исследования с практической точки зрения определяется перспективой разработки на базе предложенных алгоритмов программных модулей для расчета строительных конструкций, реализующих метод конечных элементов в форме классического смешанного метода.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

- На рисунках в таблицах 3-6 для обозначения номеров узлов используется слишком мелкий шрифт, что делает текст практически неразборчивым. Это же замечание можно отнести и к рисунку 5, обозначения осей не различимы.

- Предложение на стр. 17 «Так как, согласно результатам статических испытаний грунтов сваями, функция, описывающая её поведение имеет вид кусочной функции, состоит из трех промежутков, перебор был проведён в два этапа: на первом этапе произведён перебор всех связей, перемещение в которых соответствует условию $\Delta^{(i)} > 0,35 \cdot 10^{-3}$ на втором промежутке функции» плохо структурировано и звучит громоздко. Его можно разделить на два, с уточнением в первом из них, что функция описывает работу связей.

Тем не менее, высказанные замечания не снижают общей положительной оценки, выполненного диссертантом исследования. Диссертационная работа является законченной научной работой и удовлетворяет всем требованиям и критериям ВАК России к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Доктор технических наук
(специальность 05.23.17 –
Строительная механика), доцент,
Профессор кафедры
«Строительная и теоретическая
механика», директор института
цифровых технологий и
моделирования в строительстве
НИУ МГСУ

Филатов Владимир
Владимирович



29 апреля 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

Телефон: +7 (495) 781-80-07 E-mail: kanz@mgsu.ru

Подпись Филатова В.В. заверен

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА
КАДРОВОГО ДЕЛОПРОИЗ-
ВОДСТВА УРП
А.В. ПИЖЕГНИ

29.04.2025 *А.В. ПИЖЕГНИ*



Вх. № 04-67-53 «12» 05 2025 г. ВолюГТУ	«02» ЛИСТОВ
--	----------------

*С отзывом
ознакомлен
Зав. / Зав.уч*

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича на тему *«Совершенствование редуционных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода»*, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 – Строительная механика

Как следует из текста автореферата, диссертационная работа И.С.Завьялова посвящена разработке и совершенствованию алгоритмов редукции систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) высокого порядка, получаемых при расчете пластин на статическое и динамическое воздействие с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в форме классического смешанного метода (КСМ).

Учитывая растущий интерес к использованию смешанных и гибридных формулировок МКЭ, при разработке алгоритмов редуцирования систем уравнений МКЭ высокого порядка, получаемых с использованием таких вариантов МКЭ при моделировании сложных конструкций, выбранная соискателем тема является актуальной.

Соискателем разработан базовый алгоритм редуцирования СЛАУ, получаемых на основе МКЭ в форме КСМ при расчете пластин на статическое и динамическое воздействие, в основе которого лежит идея интерполяции основных неизвестных. На основе этого алгоритма разработаны специализированные частные алгоритмы, в которых для интерполяции основных неизвестных используется билинейная интерполяция, или используется неполный бикубический полином.

Также автором разработан ряд комбинированных алгоритмов редуцирования частотных уравнений, сочетающих в себе преимущества алгоритма на основе интерполяции основных неизвестных и методов статической и последовательной частотно-динамической конденсации в форме КСМ.

Эффективность разработанных алгоритмов подтверждена решением ряда тестовых задач и сравнения полученных результатов с имеющимися аналитическими решениями и результатами, полученными другими исследователями.

Автореферат диссертации выполнен на высоком научно-техническом уровне, позволяющем оценить вклад автора в изучаемую проблему. Представленный список публикаций свидетельствует о достаточно полном освещении ключевых результатов диссертационной работы.

К автореферату имеется следующее замечание: полезным было бы объяснение высокой эффективности предложенных алгоритмов в сравнении с существующими, например, в связи с особыми свойствами матрицы

коэффициентов разрешающих уравнений метода конечных элементов в форме классического смешанного метода.

Высказанное замечание не снижает общей положительной оценки, выполненного диссертантом исследования.

По актуальности, научной новизне и практической значимости, а также по структуре, содержанию и оформлению диссертационная работа на тему *«Совершенствование редуцированных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода»* отвечает требованиям Положения «О порядке присуждения учёных степеней» (актуализированная редакция), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от «24» сентября 2013 года № 842. Автор диссертации Завьялов Иван Сергеевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Доктор технических наук,
специальность 2.1.9. Строительная механика,
доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого»,
доцент высшей школы промышленно-гражданского
и дорожного строительства,

тел.: +7(812) 297 5949
моб.: +7(911) 829 7767 (в т.ч.
мессенджеры WhatsApp,
Telegram, Viber)
Scopus ID: 56296687300



Рыбаков Владимир Александрович

Сведения об организации: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29
+7 (812) 775 0530; +7 (800) 707 18 99; office@spbstu.ru

«01» ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-54 «13» 05 2025 г. ВолгГТУ
----------------	--

Подпись Рыбаков В.А.
УДОСТОВЕРЯЮЩЕЕ
Ведущий специалист по кадрам
«06» 05



С отзывом ознакомлен
Вавр / Завьялов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича «Совершенствование редуционных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 – Строительная механика

В свете растущего интереса к использованию смешанных и гибридных форм МКЭ, возникает задача разработки алгоритмов редуцирования систем уравнений МКЭ высокого порядка, получаемых с использованием таких вариантов МКЭ при моделировании сложных конструкций актуальной.

Исходя из этого, работа, целью которой является разработка и усовершенствование алгоритмов редукиции систем линейных алгебраических уравнений высокого порядка, возникающих при расчете пластин на статические и динамические нагрузки с применением метода конечных элементов в рамках классического смешанного метода, является актуальной

В автореферате кратко и содержательно отражена степень разработанности темы исследования.

Подробно описаны разработанные алгоритмы и результаты решения тестовых задач, полученные с применением этих алгоритмов.

Достоверность результатов и выводов обеспечивается корректным использованием основных гипотез и допущений строительной механики, обоснованных численных методов решения СЛАУ и подтверждается сравнением результатов решения задач с имеющимися аналитическим решением, принимаемым за точное, а также решениями, полученными другими методами.

Представленный список публикаций свидетельствует о достаточно полном освещении ключевых результатов диссертационной работы.

Замечания по автореферату, не влияющие на общую положительную оценку работы:

Замечание 1. В примере 1 рассматривается пластинка загруженной равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью q и имеющей по контуру шарнирные опоры (стр.9), для которой имеется ставшее классическим точное решение этой задачи в двойных тригонометрических

рядах А. Навье и в одинарных тригонометрических рядах М. Леви, на которые ссылаются все классики. Кроме того, имеется оригинальное и эффективное решение методом вариационных итераций – расширенным методом Канторовича, разработанное авторами этого отзыва. Было бы неплохо привести сравнения с данными подходами.

Замечание 2. В примере 2 рассмотрена задача изгиба жестко защемленной по контуру пластины под действием равномерно-распределенной нагрузки, для которой имеется точное решение. Эти решения приведены в книге Л.В. Канторовича и В.И. Крылова Приближенные методы высшего анализа 1962 год, пятое, исправленное издание, издательство «Государственное издательство физико-математической литературы», Москва, Ленинград. 712 страниц. В этой же книге приведены решения этих же задач методами Канторовича и Бубнова-Галеркина. Для достоверности полученных автором результатов можно использовать эти проверенные методы.

Замечание 3. В работе не показано преимущества, изложенного авторами, по сравнению с известными подходами. Не указаны какими конечными элементами решаются задачи. От этого зависит точность получаемых результатов.

Замечание 4. Задача для пластинки с отверстиями может быть решена с использованием функций Хэвисайда и вариационных методов и других методов, результаты которых так же можно использовать для сравнения с полученными автором.

Замечание 5. Непонятно почему задача на упругом основании моделируется с помощью идеи Винклера, а не идеи Винклера-Пастернака.

Отметим новизну задач, приведенных в примерах 4,5, 8.

В целом по автореферату можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Завьялова Ивана Сергеевича актуальна по теме, выполнена на современном научном уровне, полученные в ней результаты имеют научную новизну.

Содержание работы, оцениваемой как законченное научное исследование, соответствует паспорту научной специальности 2.1.9 – Строительная механика. Работа удовлетворяет всем требованиям и

критериям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Настоящим даем согласие на автоматизированную обработку наших персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Крысько Вадим Анатольевич, д. т. н., профессор,
Почетный доктор Технического университета г. Лодзь
(Польша), Лауреат общенациональной премии
«Профессор года» 2021 в номинации «Технические
науки», Заслуженный деятель науки и техники
РСФСР, Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Вадим Анатольевич
Крысько

Сведения об организации:

Россия, г. Саратов, 410054, Политехническая, 77
тел 8(8452)998724 e-mail: tak@san.ru

Жигалов Максим Викторович, д.ф.-м.н., доцент, профессор
кафедры «Математика и моделирование», Федеральное
государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Максим Викторович
Жигалов

Сведения об организации:

Россия, г. Саратов, 410054, Политехническая, 77
тел 8(8452)998724 e-mail: zhigalovm@yandex.ru

Крысько Антон Вадимович, д.ф.-м.н., профессор,
профессор кафедры «Прикладная математика и системный
анализ», Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Антон Вадимович
Крысько

Сведения об организации:

Россия, г. Саратов, 410054, Политехническая, 77
тел 8(8452)998724 e-mail: anton.krysko@gmail.com

12.05.2025

Подписи Крысько Вадима Анатольевича, Жигалова Максима Викторовича и
Крысько Антона Вадимовича заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
СГТУ имени Гагарина Ю.А.

« 03 » ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-55 « 19 » 05 2025 г. ВолгГТУ
------------------	--



А.В. Потапова

С отзывом ознакомлен Зав/Завуч

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Завьялова Ивана Сергеевича

«Совершенствование редуционных алгоритмов расчета пластин при статических и динамических воздействиях с помощью МКЭ в форме классического смешанного метода», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 Строительная механика

Усложнение конструктивных решений современных строительных объектов, рост их многоэлементности, расширение спектра учитываемых в расчетах воздействий, сохраняет актуальность проблемы экономии вычислительных ресурсов, несмотря на прогресс информационных технологий и компьютерной техники. Поэтому развитие теоретических основ прикладных и инженерных расчетов конструкций, зданий и сооружений, обеспечивающих повышение эффективности расчетных алгоритмов, представляет несомненную ценность.

Диссертационная работа И.С. Завьялова посвящена разработке и совершенствованию алгоритмов редукции систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) высоких порядков, получаемых в решениях задач расчетов пластин в статике и динамике. При этом, по существу, применяется декомпозиционный подход, основанный на концепции суперэлементов, реализуемый в форме классического смешанного метода. Последнее существенно потому, что является обобщением, позволяющим получать как частные случаи решения в формах метода перемещений или метода сил.

Автором **самостоятельно поставлены и решены** научные задачи по созданию методик и алгоритмов редуцирования – в статических и динамических расчетах – как СЛАУ, так и частотных уравнений, на основе качественной интерполяции основных неизвестных. Исследованы эффективность (сокращение объема вычислений) и точность результатов решения ряда характерных задач, включая определение частот и форм собственных колебаний пластин, а также анализ НДС пластин на упругом (винклеровском) основании и с учетом нелинейных свойств грунта.

Указанное составляет **научную новизну** выполненных исследований. Также усматривается возможность использования результатов работы в корректных прикладных инженерных расчетах посредством улучшения существующих и создания новых программных продуктов.

Достоверность результатов и выводов обеспечивается корректным использованием в работе гипотез и допущений строительной механики, эффективных вычислительных алгоритмов и программных продуктов, а также подтверждается согласованием численных расчетных данных с результатами имеющихся аналитических решений, а также с решениями, полученными другими методами.

Основное содержание диссертации достаточно отражено в научных публикациях в изданиях, в том числе входящих в Перечень ВАК и в МНБД Scopus.

Замечания по материалам диссертационного исследования, представленным в автореферате, не влияющие на общую положительную оценку работы:

1. Известно, что в общем случае использования смешанного метода суммарное количество статических и кинематических основных неизвестных больше, чем в частных вариантах – методах сил и перемещений. При наличии определенных особенностей рассчитываемой системы смешанный метод может давать выигрыш в числе неизвестных. В автореферате отсутствует такая оценка применительно к рассматриваемым объектам – пластинам. Если это имеет место, то следовало бы определенно констатировать это преимущество.

2. По автореферату неясно, применялась ли интерполяция только функции прогибов w (зависимостью (3)) или рассматривалась также возможность описания усилий (моментов) – это могло бы повысить эффективность редукции. Вызывает сомнение правомерность использования упоминаемой билинейной интерполяции прогибов, так как такая функция $w(x, y)$ не удовлетворяет уравнению Софи Жермен-Лагранжа и условиям плавности по границам КЭ.

3. Изображения силовых факторов и перемещений на рис. 3 символично не согласуются с содержащейся в комментариях к нему их текстовой расшифровкой, где, в частности, $M_x^{I,J}(x, y)$ и $M_y^{I,J}(x, y)$ – *изгибающие* моменты (погонные – в теории пластин и оболочек), в отличие от реакции $R_{J,I}$ дискретной связи. Однако в приводимых результатах расчета пластин размерность *изгибающих* моментов почему-то $[F] \times [L]$, без уточнений и оговорок, хотя как погонные они должны иметь размерность $[F]$. Если же указанные моменты – *эквивалентные сосредоточенные узловые*, то это требовало разъяснения и иных обозначений – $M_x^{I,J}$ и $M_y^{I,J}$ (на рис. 3 – $M_x^i, M_y^i, \dots, M_x^j, M_y^j$ – в противоречие комментариям). Следует избегать таких методологических некорректностей.

Несмотря на замечания, в целом по автореферату можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Завьялова Ивана Сергеевича **актуальна** по теме, выполнена на **современном научном уровне**, полученные в ней резуль-

таты **содержат научную новизну** и имеют перспективу применения в инженерных расчетах зданий и сооружений.

Содержание работы, оцениваемой как законченное научное исследование, соответствует научной специальности 2.1.9 Строительная механика; работа представляет собой решение научно-технической задачи, важной для теории сооружений и отрасли строительства, удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, и критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор Завьялов Иван Сергеевич **заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.**

Кандидат технических наук, научная специальность
2.1.9 Строительная механика (по диплому – 01.02.03 –
сопротивление материалов и строительная механика),
профессор, почетный член Российской академии
архитектуры и строительных наук,
профессор кафедры строительной механики
ФГБОУ ВО «НГАСУ (Сибстрин)»

Владимир Григорьевич
Себешев

12.05.2025 г.

Телефоны +7 (383) 266-09-91; +7 903 931 0398

E-mail: sebeshev@sibstrin.ru

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Адрес: 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

Телефон: +7 (383) 266- 41-25

E-mail: rector@sibstrin.ru



Подпись *Себешев В.Г.*
ЗАВЕРЯЮ
Начальник общего отдела НГАСУ (Сибстрин)
Яковых Н.И.

«03» ЛИСТОВ	Вх. № 04-67-56
	«27» 05 2025 г. ВолгГТУ

С отзывом ознакомлен
Зав / Завьялов.