

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ)

2-я Красноармейская ул., 4, Санкт-Петербург, 190005
Тел: (812) 400-06-67 Факс: (812) 316-58-72; rector@spbgasu.ru; www.spbgasu.ru
ОКПО 02068580; ОГРН 1027810225310; ИНН / КПП 7809011023/783901001

№ _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной
работе СПбГАСУ
д.э.н., профессор



И.В. Дроздова

09 2019 года

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Игнатьева Александра Владимировича
«Развитие метода конечных элементов в форме классического
смешанного метода строительной механики»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.23.17 – Строительная механика

Актуальность темы диссертационного исследования

Важным моментом в процессе проектирования строительных конструкций является совершенствование методики их расчета. Эта проблема весьма актуальна, так как позволяет повысить достоверность получаемых результатов, что в конечном итоге ведет к экономии затрачиваемых в процессе строительства сил и средств. В настоящее время расчет конструкций осуществляется, как правило, с помощью программных комплексов, реализующих метод конечных элементов (МКЭ). Известны три основные формы МКЭ, каждая из которых является аналогом одного из трех методов строительной механики стержневых систем – метода перемещений, метода сил и смешанного метода.

Для практических расчетов обычно используется МКЭ в перемещениях. Достоинства и недостатки метода перемещений хорошо известны. Огромным преимуществом традиционной формы МКЭ является ее полная формализация (и, соответственно, простота реализации в виде программных средств), а также хорошая устойчивость решения с гарантированной сходимостью к нижней

границе. Основными неизвестными в данном случае являются перемещения узловых точек дискретной модели конструкции, напряжения же вторичны и определяются путем численного дифференцирования перемещений. Поэтому точность определения напряжений (усилий) оказывается намного ниже, чем перемещений, хотя именно значения напряжений являются важными при прочностных расчетах конструкций. Кроме того, поскольку приближенное решение в перемещениях отвечает нижней границе, то значения и перемещений и напряжений оказываются заниженными относительно точных значений.

Попытки преодоления указанных недостатков, основанные на использовании схем МКЭ непосредственно в напряжениях или в смешанной форме, предпринимались неоднократно, однако проблема эта далека еще от завершения и по-прежнему остается одной из актуальных проблем применения метода конечных элементов в задачах строительной механики.

Диссертация А. В. Игнатьева посвящена разработке и исследованию схем МКЭ в форме классического смешанного метода, построению соответствующих конечно-элементных решений для задач статики, динамики и устойчивости стержневых систем, изгибаемых и плосконапряженных пластин. В качестве приложений рассматриваются линейная и нелинейная постановки задач, в частности, расчет систем с жесткими элементами, геометрически нелинейных систем, гибких нитей и систем с идеальными односторонними связями. Также рассматривается проблема собственных значений и собственных векторов для стержневых систем и изгибаемых пластин.

Смешанные формы МКЭ базируются на принципе стационарности различных форм функционала Рейсснера. Перемещения и напряжения в пределах каждого конечного элемента аппроксимируются одновременно, поэтому нет необходимости завышать требования к непрерывности искомых функций и их производных. Напротив, можно задавать именно нужные аппроксимации, а поскольку смешанные вариационные принципы приводят и к смешанному виду соотношений между напряжениями и перемещениями для конечного элемента, можно получать более точное решение. Кроме того, привлекательна и очень полезна возможность двусторонних оценок точности решения задач МКЭ.

Однако в реализации смешанной формы МКЭ имеются и определенные трудности. Во-первых, это проблема смешанных неизвестных, приводящая к усложнению алгоритмов формирования матриц коэффициентов при неизвестных, как для отдельных конечных элементов (КЭ), так и всей системы в целом. Во-вторых, функционал Рейсснера не является выпуклым, поверхность его в точке стационарности имеет выраженный седлообразный характер. Это приводит к некоторой несбалансированности условий равновесия и условий совместности деформаций в получаемом решении. В-третьих, система разрешающих уравнений МКЭ, отвечающая формулировке смешанного метода, не является симметричной и положительно

определенной. Поэтому приближенное решение, полученное смешанным методом, при сгущении сетки может приближаться к точному решению как снизу, так и сверху и, таким образом, не дает гарантированной сходимости решения. Эти и другие обстоятельства в некоторой степени затрудняют прямое использование функционала Рейсснера в методе конечных элементов.

Проведенный диссертантом анализ современных исследований позволил ему сформулировать фундаментальную научную проблему, на решение которой направлено данное исследование: расширение возможностей метода конечных элементов, дающее возможность сравнительного анализа результатов расчета получаемых на основе его различных форм.

Целью данного исследования является развитие теории метода конечных элементов включением в неё МКЭ в форме классического смешанного метода строительной механики, разработка соответствующих физико-математических моделей конечных элементов и алгоритмов расчета различных типов конструкций и их элементов в линейной и нелинейной постановке. Это позволяет решать как новые научные проблемы, так и актуальные практические задачи.

Структура и содержание диссертации

Материал диссертации излагается в логической последовательности – от простого к сложному, от общих положений к решению конкретных задач. Работа объемная, включает разнообразные модели МКЭ в смешанной форме, методики их реализации, численные исследования и примеры решения тестовых задач. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы из 314 наименований, а также приложений, включающих свидетельства о государственной регистрации программ и акты внедрения выполненных научных исследований. Количество страниц – 283, рисунков – 125, таблиц – 26.

Диссертационная работа является завершенной и оформленной в соответствии с предъявляемыми требованиями. Содержание и структура диссертации соответствует поставленной цели исследования и критерию внутреннего единства. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформулированные выводы и предложения, как результаты исследования, являются обоснованными, новыми и весьма значимыми для науки и инженерной практики.

Содержание автореферата соответствует требованиям ВАК РФ и отражает результаты выполненных исследований, раскрывает основные идеи и выводы, сформулированные в диссертации и содержит перечень опубликованных автором работ по теме исследования.

Основные результаты исследований и их научная новизна

Основные результаты диссертационного исследования, полученные автором, и обладающие научной новизной, состоят в следующем.

1. Автором предложены расчетные схемы МКЭ в форме классического смешанного метода строительной механики, разработаны физико-математические модели для ряда новых стержневых и пластинчатых конечных элементов.
2. Составлены алгоритмы и программы численной реализации разработанных моделей, проведены их исследования и даны рекомендации по перспективным направлениям применения предложенных схем МКЭ в практике инженерных расчетов. Достоинством является то, что построенные в работе алгоритмы сохраняют преимущества традиционной схемы МКЭ в перемещениях.
3. Применение развиваемой в работах диссертанта смешанной формы МКЭ позволяет решить проблему исключения отрицательного влияния перемещений конечного элемента как жесткого целого на обусловленность разрешающей системы уравнений. Решение этой проблемы позволяет, в свою очередь, построить эффективные алгоритмы расчёта стержневых систем и пластинок, имеющих жесткие включения или вырезы. При расчётах по МКЭ в перемещениях наличие очень жёстких или бесконечно жёстких элементов приводит к ухудшению обусловленности матрицы жёсткости и, как следствие, к большой погрешности решения иногда к неверному решению (особенно в задачах устойчивости).
4. Положительной стороной работы также является внедрение предложенных моделей и методик в учебный процесс на уровне программного обеспечения.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Логика диссертационной работы полностью соответствует поставленной цели и сформулированным для ее достижения задачам. Обоснованность основных научных положений, выводов и полученных в работе результатов обеспечивается удовлетворением разработанных диссертантом алгоритмов основным соотношениям строительной механики, теории упругости и механики сплошной среды, использованием апробированных численных методов и подтверждается сравнением полученных результатов с результатами исследований других авторов.

Достоверность полученных результатов подтверждается численными исследованиями разработанных алгоритмов, анализом результатов расчета по сходимости и физической достоверности, сопоставлением с точными решениями и результатами, полученными другими методами.

Теоретическая и практическая значимость

Полученные автором диссертации результаты исследования для развития научной специальности 05.23.17 – Строительная механика. Теоретическая и практическая значимость полученных в работе результатов обоснованы диссертантом достаточно убедительно. Особо при этом следует отметить, что исследования поддержаны грантами РФФИ совместно с Администрацией Волгоградской области в 2016-2018 г.г. и представляет несомненный

теоретический и практический интерес для инженеров расчетчиков и других специалистов в области строительной механики, так как разработанные для предлагаемой формы МКЭ алгоритмы статического расчета стержневых систем и пластин, а также реализующие их программные средства, предоставляют возможность более глубокого сравнительного анализа результатов расчета, полученных другими численными методами. Выполненные примеры расчета показывают высокую эффективность расширенного МКЭ в форме классического смешанного метода, а высокая точность, получаемых с его помощью решений, позволяет рекомендовать его для анализа результатов расчетов, полученных с использованием других численных методов.

Апробация работы и публикации

Основные результаты диссертации докладывались автором в 2007-2019 гг. на десяти международных и трех всероссийских научно-технических конференциях.

По материалам диссертации опубликовано 75 работ: 1 монография, 32 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, 6 статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирований Web of Science и Scopus, 6 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, 5 учебных пособий, 25 статей в прочих рецензируемых журналах и сборниках трудов конференций. Практическое значение проведенных исследований подтверждается, в частности, свидетельствами о регистрации вычислительных программ и выполненными с их помощью расчетами.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Представляется несколько завышенной роль автора в развитие МКЭ, данная в ряде мест автореферата и диссертации («Научная новизна исследования», «Основные результаты» и «Выводы»). Так, в пункте 1 «Научной новизны» уместно говорить о *новом варианте* смешанной формы МКЭ, а не о *новой форме* МКЭ, поскольку МКЭ в смешанной форме (*“mixed FEM”*) известен уже несколько десятков лет.

По пункту 2. Термин *«матрица откликов конечного элемента»* (*“finite element response matrix”*) уже давно используется в иностранной терминологии. Например, его можно встретить в работах Н. Nakata, W. R. Martin, J. A. Rathkopf еще начала 1980-х годов.

Спорно и утверждение, приведенное в пункте 3 – что *получение матриц откликов КЭ смешанного метода* так же просто, как и *матриц жесткости в методе перемещений*. Алгоритм формирования матрицы коэффициентов при неизвестных в случае, когда неизвестные разного типа и их число не кратно числу узлов конечного элемента (как это имеет место в стержневых элементах смешанной формы), все-таки сложнее стандартного алгоритма составления матрицы жесткости как отдельного конечного элемента в перемещениях, так и всей системы в целом.

2. В пункте 4 «Научной новизны» декларируется, что в качестве узловых неизвестных смешанной формы МКЭ принимаются как перемещения, так и усилия, «*при том же количестве неизвестных в узле, как в методе перемещений*». Между тем, из содержания второй главы видно, что, например, для стержневого элемента плоской фермы число смешанных узловых неизвестных равно 5 против 4 в методе перемещений; для изгибаемого стержня – 9 смешанных неизвестных против 6 неизвестных смещений; для прямоугольного элемента изгибаемой пластины – 16 смешанных неизвестных против 12 обобщенных смещений. Таким образом, в общем случае расчета стержневых систем эффективность МКЭ в форме классического смешанного метода весьма сомнительна, поскольку усилия в ферменных и изгибаемых стержнях в методе перемещений вычисляются с той же степенью точности, что и перемещения.

3. По пункту 9 «Научной новизны». Описанный в автореферате (стр. 30) и диссертации итерационный *алгоритм переключения состояния связей* в комбинации с простым пошаговым нагружением не может претендовать на новизну, так как он давно известен как «*алгоритм Рабиновича*» (см. статью Рабиновича И. М. Некоторые вопросы теории сооружений, содержащих односторонние связи. Инженерный сборник. Изд-во АН СССР, 1950. Т. VI. С. 12–23). Так, в главе 6 рецензируемой диссертации (стр. 238) рассмотрен пример, рекомендованный в [28, 136] в качестве верификационного теста для проверки алгоритмов решения задач с идеальными односторонними связями. Относительно приближенное решение было получено при разбиении нагрузки на 10 одинаковых ступеней нагружения с применением алгоритма Рабиновича для уточнения рабочей схемы на каждом текущем шаге. Однако абсолютно точное решение данной задачи можно получить всего за 2 шага нагружения (без дополнительных итераций на каждом шаге). В этом случае применяется *алгоритм пошагового анализа изменения состояний контакта*, в котором величина очередного расчетного шага определяется из условия наступления следующего в процессе нагружения события переключения связи (см. пример 1.1 в диссертации Лукашевича А. А. «Решение контактных задач для упругих систем с односторонними связями методом пошагового анализа», 2011).

4. При решении практических задач большой размерности, особенно в нелинейной постановке, основным ограничением является время счета. Поэтому эффективность вычислительных алгоритмов определяется не только точностью решения задачи, но и их быстродействием. К тому же доказано, что МКЭ в форме метода перемещений можно получить любую точность при сгущении конечно-элементной сетки. С другой стороны МКЭ в смешанной форме требует дополнительных затрат на формирование разрешающей системы уравнений и ее решение (т.к. матрица коэффициентов здесь не симметрична и имеет нули на главной диагонали). Очевидно, более целесообразно сравнивать данные формы МКЭ по трудоемкости, скорости сходимости по времени.

5. Сравнение сходимости форм МКЭ к точному решению в зависимости от количества элементов некорректно. Следует производить сравнение по числу неизвестных (размерности задачи), а лучше по времени счета. Также более корректно исследовать сходимость решения не по какому-либо конкретному результату, а в нормированной форме.

6. Кроме того, отсутствует какое-либо сопоставление предложенного варианта МКЭ с другими известными схемами смешанного МКЭ. Также при сопоставлении альтернативных схем МКЭ не используется имеющаяся возможность сравнительной оценки решения задач по энергии.

7. В главе 2 показаны треугольные конечные элементы смешанной формы МКЭ для решения плоской задачи теории упругости. Из дальнейшего изложения не ясно, как выбирать основную систему для каждого такого КЭ при условии его кинематической неизменяемости и с учетом согласованности по типу неизвестных в узлах КЭ сетки. Имеются ли средства автоматизации выбора основной системы для ансамбля КЭ или ее задание предполагается вручную. Также не продемонстрировано применение конечных элементов смешанной формы для решения задач теории упругости, отсутствуют предложения по перспективным направлениям их применения.

8. Для треугольного КЭ плоской задачи в каждом из трех узлов два смешанных неизвестных – одна компонента перемещения и одна компонента нормального напряжения. Всего имеем 6 узловых неизвестных в КЭ – столько же, как в МКЭ в форме метода перемещений. При этом не ясно, как от аппроксимации распределения напряжений и перемещений в КЭ степенными полиномами с общим количеством неизвестных коэффициентов равным 12 удалось перейти к эквивалентной аппроксимации полей перемещений и напряжений с помощью функций формы КЭ всего через 6 узловых смешанных неизвестных (вместо 12).

9. Имеются небрежности в изложении диссертации и автореферата. Так, на рис. 7 автореферата направление напряжений не соответствуют осям, вместо " k " в формуле (3) должен быть " η " (стр. 12 автореферата, стр. 35 диссертации), вместо компонент вектора " $\{b_n\} = [b_1, b_3, b_5]^T$ " должно быть " $[b_1, b_2, b_3]^T$ " (стр. 64 диссертации). Вместо выражения «система решающих уравнений» – «система разрешающих уравнений» (стр. 231 диссертации). Словосочетание «матрица откликов конструкции размером $(n+t) \times (n+t)$ » можно понимать двояко (стр. 25 автореферата, стр. 196 диссертации). Допущена опечатка в оглавлении диссертации – глава 1 начинается с 15-й страницы, а не с 5-й.

Кроме того, в работе встречаются орфографические, грамматические и стилистические ошибки. Например, уже в самом начале автореферата (стр. 3) в 6-м абзаце слово «дискретизированных» пишется через «и» (см. «дискретизация»). В следующем абзаце пропущено слово «сетка». Там же выражение «неиспользование» (граничных условий) следует взять в кавычки, поскольку любые граничные условия в МКЭ формы метода перемещений не могут быть не использованы (вопрос только – каким образом это делается).

10. В столь обширном списке литературы (из 314 источников) не нашлось места ряду значимых научных работ, в которых рассматриваются схемы МКЭ в форме смешанного метода. В частности, работам Масленникова А. М. и его учеников, посвященным расчету тонких плит смешанным методом конечных элементов: Масленников А. М. «Расчет плит смешанным методом на основе дискретной расчетной схемы», доклады XXV науч. конф., ЛИСИ, 1967; Масленников А. М. «Расчет тонких плит методом конечных элементов», сборник трудов ЛИСИ № 57, 1968; Масленников А. М., Шилкина З. И. «Расчет плит смешанным методом при интерполяции кубическим полиномом», сборник трудов Сиб.АДИ, № 54, 1975 и др. А также докторским диссертациям Сливкера В. В. «Эффективные схемы метода конечных элементов в задачах строительной механики с использованием новых вариационных подходов», Ленинград, 1983; Никольского М. Д. «Встречные формы метода конечных элементов в теории упругости», Ленинград, 1992. Зарубежную литературу можно дополнить следующими источниками: Wriggers P., Carstensen C. «Mixed finite element technologies», 2009; Wriggers P. «Mixed Finite Element Methods – Theory and Discretization», 2009 и др.

Отмеченные недостатки носят рекомендательный характер и, несмотря на перечисленные замечания, можно признать, что рецензируемая работа в целом выполнена на высоком профессиональном уровне и хорошо оформлена.

Соответствие диссертации научной специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.23.17 – Строительная механика, а именно: пункту 2. «Линейная и нелинейная механика конструкций и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета»; пункту 4. «Численные методы расчета сооружений и их элементов».

Заключение по работе

Совокупность полученных новых научных результатов и положений, разработанных теоретических моделей и прикладных методик расчета, выдвигаемых автором для публичной защиты, позволили ему создать научно-обоснованный подход к развитию теории метода конечных элементов включением в неё МКЭ в форме классического смешанного метода строительной механики.

Представленную диссертацию «Развитие метода конечных элементов в форме классического смешанного метода строительной механики», выполненную Игнатьевым Александром Владимировичем, можно считать завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные решения, имеющие практическую ценность и важное значение для решения задач строительной отрасли народного хозяйства.

Диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук в пп. 9-11, 13-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением

Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор – Игнатьев Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры строительной механики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Присутствовало 23 чел., с правом решающего голоса 23 чел. Результаты голосования: «за» - 20 чел., «против» - НЕТ чел., «воздержалось» - 3 чел. Протокол № 2 от 24 сентября 2019 г.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес: 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Тел.: (812) 575-05-34

Электронная почта: rector@spbgasu.ru

Сайт: <https://www.spbgasu.ru>

И.о. заведующего кафедрой
строительной механики, к.т.н.
(по специальности 05.23.17 –
Строительная механика)



Кобелев Евгений Анатольевич

Профессор кафедры
строительной механики, д.т.н.
(по специальности 05.23.17 –
Строительная механика)



Лукашевич Анатолий Анатольевич



Подпись Кобелев Е.А.
Лукашевич А.А.
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления кадров
СПБГАСУ
24 » сентября 20 19 г.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ)

2-я Красноармейская ул., 4, Санкт-Петербург, 190005
Тел: (812) 400-06-67 Факс: (812) 316-58-72; rector@spbgasu.ru; www.spbgasu.ru
ОКПО 02068580; ОГРН 1027810225310; ИНН / КПП 7809011023/783901001

07-13-326 № 27.06.2019

На № _____ от _____

врио ректора ФГБОУ ВО
«ВолгГТУ»

д.х.н., профессору

А.В. Навроцкому

УВЕДОМЛЕНИЕ О СОГЛАСИИ

Настоящим уведомляем Вас, что не возражаем против назначения нашего университета в качестве ведущей организации по диссертации Игнатьева Александра Владимировича на тему: «Развитие метода конечных элементов в форме классического смешанного метода строительной механики», представленной к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.23.17 - Строительная механика.

С нормативными документами, регулирующими деятельность ведущей организации, ознакомлены и обязуемся их выполнять.

Структурное подразделение, отвечающее за подготовку отзыва — кафедра «Механики».



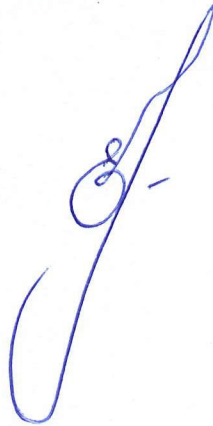
Е.И. Рыбнов

Основные публикации в рецензируемых научных журналах

№	Наименование	Характер работы	Выходные данные	Объем	Авторы
1	Modelling of contact interaction with allowance for nonlinear	печатный	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. No. 042054. Pp. 1–7	7 с.	Lukashevich A.A., Lukashevich N.K., Timohina E.I.
2	Computational modelling of stiffness and strength properties of the contact seam	печатный	Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 5 (81). Pp. 149–159	11 с.	Lukashevich A.A.
3	Mixed-form equations for stiffened orthotropic shells of arbitrary canonical shape with static loading	печатный	Journal of Mechanics. 2018. T. 34. № 4. С. 469-474	6 с.	Karpov V.V., Semenov A.A.
4	Метод вариационных аппроксимаций в теории нелинейного деформирования нерегулярных пространственных систем	печатный	Вестник гражданских инженеров, СПб. – 2018. – № 6 (71). – С. 30 – 36	7 с.	Кобелев Е.А.
5	Численное решение задач с односторонними связями при учете нелинейных свойств контактного слоя	печатный	Вестник гражданских инженеров. 2017. № 5 (64). С. 71–76	6 с.	Лукашевич А.А.
6	Математические модели и алгоритмы исследования прочности и устойчивости оболочечных конструкций	печатный	Сибирский журнал индустриальной математики. 2017. Т. 20. № 1 (69). С. 53-65	13 с.	Карпов В.В., Семенов А.А.
7	Numerical methods for calculating the strength and stability of stiffened orthotropic shells	печатный	Materials Physics and Mechanics. 2017. T. 31. № 1-2. С. 16-19	4 с.	Karpov V.V., Semenov A.A.
8	Анализ модуля упругости анизотропного материала на примере древесины	печатный	Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 21-26	6 с.	Глухих В.Н., Красильникова С.С.

9	Влияние начальных напряжений в древесине на прочность и формоустойчивость деревянных конструкций	печатный	Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. Т. 14. № 3. С. 523-531	9 с.	Глухих В.Н., Кирютина С.Е., Богданова А.С.
10	Балки на упругом основании с переменными параметрами	печатный	Вестник гражданских инженеров. 2016. № 4 (57). С. 72-75	4 с.	Масленников А.М., Улитин В.В.
11	Энергетический численный метод решения задач динамики конструкций	печатный	Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 76-82	7 с.	Масленников А.М., Рагех Б.О., Кондратьева Л.Н.
12	Компьютерное моделирование местных и общих форм потери устойчивости тонкостенных оболочек	печатный	Вычислительная механика сплошных сред. 2015. Т. 8. № 3. С. 229-244	6 с.	Баранова Д.А., Карпов В.В., Семенов А.А.

Ректор



Е.И. Рыбнов