

ОТЗЫВ

официального оппонента Крысько Вадима Анатольевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Математики и моделирования» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», на диссертационную работу Языева Сердара Батыровича «Развитие методов расчета на устойчивость вязкоупругих стержней и пластин в условиях нелинейного деформирования», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Диссертационная работа Языева С.Б. направлена на разработку и развитие научно обоснованных методов расчета стержней и пластин на устойчивость при термосиловых воздействиях с учетом физической и геометрической нелинейности в условиях ползучести.

Актуальность темы диссертационного исследования

На современном этапе развития науки и техники трудно представить процесс проектирования новых машин, зданий и сооружений без широкого использования программ конечно-элементного анализа. Общеизвестно, что для создания многофункционального расчетно - вычислительного комплекса на базе метода конечных элементов (МКЭ) требуются усилия многих специалистов в области строительной механики, прикладной математики и системотехники.

Однако, вычислительные возможности МКЭ при решении пространственных задач механики деформируемого твердого тела ограничены степенью дискретизации исследуемого объекта на конечные элементы (КЭ).

Проблема усложняется при создании конечно-элементного приложения в рамках теории вязкоупругости и ползучести. В этом случае встает вопрос о выборе схемы численного интегрирования и величины шага по временной оси для различных типов ядер релаксации. Кроме того, многие авторы при анализе НДС указанных конструкций ограничиваются линейными теориями.

Таким образом, проблема совершенствования реологического расчета стержневых и тонкостенных пространственных конструкций, в частности пластин, на решение которой нацелена диссертационная работа С.Б. Языева, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их достоверность подтверждаются результатами численного исследования сходимости на

тестовых примерах, имеющих заранее известное решение, а также данными комплексного контроля, включающего:

- проверкой удовлетворения решения всем граничным условиям, дифференциальным и интегральным соотношениям;
- проверку выполнения условий равновесия внутренних усилий в поперечных сечениях отдельных конгломератов конечных элементов;
- сравнением результатов с решениями в МКЭ комплексах;
- верификацией разработанных в диссертации методов численного расчета различными способами, в том числе применением двух независимых методов к решению одной задачи с последующим сравнением результатов, анализом разрешающих уравнений в конце процесса ползучести.

Новизна научных положений диссертации состоит в том, что:

- предложена эффективная методика и алгоритм для определения реологических параметров термопластичного материала с использованием методов нелинейной оптимизации;
- выполнено развитие известных методов расчета упругих пластин и стержней на случай задач ползучести (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод расчета в двойных рядах и др.);
- построены модели деформирования стержней и пластин при ползучести, учитывающие ортотропию, температурные воздействия и неоднородность. Предложенные модели применимы для произвольных законов ползучести и апробированы на стержнях и пластинах из полимеров, стеклопластиков, дерева и железобетона;
- предложен новый критерий для определения критического времени, основанный на полученных графических зависимостях, в частности, локального минимума при изменении во времени нормальных напряжений.
- решена задача устойчивости и изгиба пластин и стержней при ползучести в геометрически нелинейной постановке;

Значимость для практики полученных автором выводов и рекомендаций

Предложенная автором методика обработки кривых ползучести и релаксации обеспечивает хорошее совпадение с экспериментальными данными и требует для нахождения реологических параметров проведения только одного эксперимента.

Введенные соискателем длительные постоянные материала позволяют получить решение задачи определения напряженно-деформированного состояния в конце процесса ползучести тем же путем, что и решение упругой задачи.

Разработанный С.Б. Языевым пакет прикладных программ позволяет рассчитывать стержни и пластины различной формы при произвольном законе ползучести. На созданные автором программы получены 4 авторских свидетельства, 1 патент и выполнено внедрение в 3 проектные организации.

Личный вклад автора состоит:

1. Разработке методологии нахождения реологических параметров методом нелинейной оптимизации с использованием адаптированных генетических алгоритмов, включающих стратегии ускорения выхода в область допустимых решений и повышения сходимости итерационного процесса;
2. Получении всех разрешающих уравнений для решения новых классов задач устойчивости стержней, балок и пластин с учетом реологии материала, разработке методов численного и аналитического решения и анализа поставленных задач.

Личный вклад соискателя подтверждается многочисленными публикациями с 2012 года по настоящее время. В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на автора и (или) источник заимствования.

Характеристика публикаций и апробация работы

Основное содержание диссертации опубликовано в 54 печатных работах, из них 23 работы в ведущих рецензируемых изданиях, определенных ВАК РФ, и 31 публикаций в изданиях, входящих в международные базы Scopus/ Web of Science. Среди них такие высокоиндексируемые профильные журналы, как «Вестник МГСУ», «Инженерно-строительный журнал», «International Journal for Computational Civil and Structural Engineering» и др.

Материалы диссертации опубликованы в 4 монографиях. Соискателем получено 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и 1 патент.

Следует отметить высокую публикационную активность соискателя (с 2012 г. по настоящее время). Работы соискателя хорошо известны специалистам в области строительной механики. Результаты диссертации неоднократно докладывались и обсуждались на международных профильных научных конференциях, что отражено в списке публикаций.

По результатам диссертационной работы автору в составе авторского коллектива присуждена серебряная медаль РААСН в 2020 году (выписка из протокола президиума РААСН №5 от 20.03.2020).

Содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, приложений и библиографического списка, включающего 248 источника. Общий объем работы 321 страниц, основной текст изложен на 278 страницах, включая 199 рисунков и 10 таблиц.

Во введении ясно обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту, научная новизна. Подтверждены личный вклад автора, практическая значимость и реализация результатов работы. Представлены сведения об апробации работы.

В первой главе приведен литературный обзор по теории ползучести конструкционных реономных материалов, уравнения механики сплошной среды, необходимые для решения задач определения НДС и устойчивости.

Подробно описаны параметры обобщённого нелинейного уравнения состояния, понятия о дискретном времени времен релаксации при одноосном и плоском напряженном состоянии.

Во второй главе рассматривается устойчивость стержней в упругой и вязкоупругой постановках. Приведенное однородное разрешающее дифференциальное уравнение четвертого порядка с переменными коэффициентами относительно прогиба соискателем решение предлагается искать в виде степенного ряда. Приводится доказательство сходимости ряда и последовательность численно аналитической реализации метода для модельных задач с различными схемами закрепления.

Заслуживает внимания разделы, где соискатель применяет классические методы для решения задачи такие как энергетический метод в форме Ритца-Тимошенко и метод Бубнова Галеркина.

В конце раздела представлены результаты решения задач с учетом дискретности спектра времен релаксации. Здесь диссертант отмечает превалирующую роль второй составляющей спектра времен релаксации и показывает, что в расчётах на устойчивость ее необходимо учитывать.

В третьей главе рассматриваются вопросы расчета изгибно-крутильной формы потери устойчивости вязкоупругих стержней переменной жесткости с учетом ползучести. Исследуется процесс потери устойчивости при ползучести для полимерной балки с использованием нелинейного уравнения Максвелла-Гуревича, а также для деревянной балки с использованием линейного закона Максвелла-Томпсона.

Установлено, что как в случае линейного, так и нелинейного уравнения связи между деформациями ползучести и напряжениями существует величина длительной критической нагрузки.

В последнем разделе соискателем приведены уравнения для выпучивания упругих вращающихся стержней при действии осевых сжимающих сил с учетом собственного веса постоянного и переменного поперечного сечения и предложена методика решения интегро-дифференциальных уравнений что проще классических методов решения уравнения такого типа. Это позволяет рассматривать различные варианты нагружения.

Четвертая глава посвящена вопросам устойчивости стержней и арок с учетом вязкоупругопластических свойств материала. Автором установлено существенное влияние начальных несовершенств на величину мгновенной критической нагрузки и критического времени. Предложенная методика допускает использовать произвольные зависимости между напряжениями и мгновенными деформациями, что позволяет применять ее не только для дерева и полимера. Достоверность результатов подтверждена анализом величины критической нагрузки на основе касательно-модульной теории. Итерационный алгоритм расчёта адаптирован к исследуемым объектам, основанный на методе Ньютона-Рафсона.

Пятая глава посвящена численному моделированию задач изгиба и устойчивости гибких вязкоупругих пластин. Автором выполняется развитие метода расчета с использованием двойных рядов на случай конструкций из вязкоупругого материала. Разработана методика расчета круглых осесимметрично нагруженных пластинок с учетом ползучести и геометрической нелинейности, подходящая для произвольных уравнений связи деформаций ползучести и напряжений. Выполнено сравнение результатов, получаемых по геометрически линейной теории и с учетом геометрической нелинейности. Получены основные уравнения для задачи изгиба прямоугольной гибкой пластинки с учетом вязкоупругости.

Шестая глава посвящена экспериментальному исследованию по определению реологических параметров и моделированию устойчивости полимерных стержней. Предложена методика определения реологических параметров полимера при сдвиговой ползучести на основе нелинейного уравнения Максвелла-Гуревича и методика линейной оптимизации при изгибе.

Усовершенствована методика определения упругих констант методом импульсного воздействия вибрации. Приведена схема установки проведения эксперимента и представлено сравнение результатов, полученных независимым методом испытания на изгиб.

Несмотря на некоторый разброс экспериментальных данных, почти все точки укладываются в интервал между двумя теоретическими кривыми.

Таким образом результаты теоретического расчета показали в полнее удовлетворительное совпадение с полученными экспериментальными данными на интервале $0,75 < F_0/F_3 < 1$. Это совпадение можно рассматривать как подтверждение пригодности предлагаемого метода решения задачи устойчивости полимерных стержней при ползучести

В заключении сформулированы общие выводы по диссертации.

Автореферат в целом отражает основное содержание диссертации. В нем изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведенное исследование, отражены степень новизны и практическая значимость результатов.

Работы С.Б. Языева опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах. Автор имеет очень разносторонний перечень трудов, что говорит о комплексном подходе к решению научной проблемы. Научные положения, на новизну которых претендует автор, достаточно полно отражены в его публикациях.

Автореферат и диссертация изложены грамотным языком, ясно, логически последовательно. Работа характеризуется смысловой законченностью и целостностью.

Замечания по диссертационной работе

1. При решении большинства задач автор задается конкретными числовыми данными. Для получения результатов, справедливых при

различных исходных данных, целесообразно использовать безразмерные величины.

2. Соискатель во второй главе сравнивает результаты решения задачи методом конечных разностей и методом Рунге и утверждает, что их совпадение свидетельствует о достоверности. Совпадение результатов говорит о том, что полученное уравнение решено правильно, но можно же решать неправильное уравнение или использовать некорректную модель. На мой взгляд желательно было бы привести свидетельства совпадения результатов с экспериментом.

3. Для стержней и пластин конструкционного назначения автором не указаны пределы применимости используемых им гипотез, в которых результаты будут надежны.

4. В главе 3, где автор приводит общие выводы есть повторения, что не допустимо при заключении основных результатов.

5. Громоздкие преобразования уравнений, например, в главе 5 формулы (5.51-5.55), следовало привести в дивергентном виде. То же самое касается известных формул метода конечных разностей.

6. Обзор соискателя на мой взгляд не полный. Не много современной литературы. Основной обзор ограничен до 2010 г. И ранее годами.

Указанные замечания не являются принципиальными и никак не влияют на общее положительной оценки диссертационной работы.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности

В соответствии с паспортом специальности ВАК 2.1.9. Строительная механика включает следующие области исследований:

- п. 2: «Линейная и нелинейная механика конструкций, зданий и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета»;
- п. 3: «Аналитические методы расчета зданий, сооружений и их элементов на прочность, жесткость, устойчивость, при статических, динамических, температурных нагрузках и других воздействиях»;
- п. 11: «Экспериментальные методы исследования зданий, сооружений и их элементов».

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация «Развитие методов расчета на устойчивость вязкоупругих стержней и пластин в условиях нелинейного деформирования» Языева Сердара Батыровича отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, и в соответствии с п.п. 9-14 «Положения», является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена крупная научная

проблема прогнозирования поведения устойчивости строительных конструкций в виде стержней, арок и пластин во времени в условиях нелинейной ползучести, имеющая важное хозяйственное значение, а ее автор, С.Б. Языев безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Официальный оппонент

доктор технических наук,
профессор, Федеральное
государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский
государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.»,
кафедра «Математики и
моделирования», заведующий
кафедрой

Вадим
Анатолевич
КРЫСЬКО

Сведения об официальном
оппоненте

ФИО:

Ученая степень:

Ученое звание:

Организация:

Вадим Анатолевич Крысько

доктор технических наук

профессор

Федеральное государственное
бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Саратовский государственный
технический университет имени

Гагарина Ю.А.»
заведующий кафедрой «Математики
и моделирования»

01.02.04 – Механика
деформируемого твердого тела

410054, ул. Политехническая, д. 77,
г. Саратов

+7 (8452) 99-86-65, +7 (8452) 99-86-
66

sstu_office@sstu.ru

Должность:

Специальность:

Почтовый адрес:

Телефон:

E-mail:

Подпись д-р. техн. наук, профессора
Крысько В.А. заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета
СГТУ им. Гагарина Ю.А.

20.02.2023г.



Н.В. Тищенко