

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Галишниковой Веры Владимировны по диссертации Кузнецовой Дарьи Александровны «Вариационные постановки и аналитические решения физически и геометрически нелинейных задач статики и устойчивости упругих стержней с учетом деформаций растяжения – сжатия и сдвига», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика

Представленная на отзыв диссертационная работа Кузнецовой Дарьи Александровны посвящена развитию вариационных методов решения двумерных геометрически и физически нелинейных задач устойчивости упругих стержней с учетом их жесткостей на растяжение-сжатие и сдвиг. При этом автором использованы как статический, так и динамический подход к формулировке и решению задач устойчивости.

**Актуальность** темы диссертации обусловлена тем, что классические аналитические решения, используемые для анализа устойчивости сжатых стержней, как единых элементов, не обладают общностью, то есть не позволяют учесть одновременно жесткость стержня на изгиб, сдвиг, осевые деформации и кручение. При традиционном линейном методе анализа рам узловые перемещения и повороты, вызванные растяжением-сжатием, изгибом или кручением стержней, считаются независимыми друг от друга, и их эффекты суммируются. В связи с этим, в численных решениях, например, в методе конечных элементов, возникает необходимость моделировать каждый стержень конструкции несколькими конечными элементами. В нелинейных расчетах такой подход существенно повышает трудоемкость задачи. Поэтому существует необходимость создания единой теории деформирования и устойчивости стержневых элементов, учитывающей взаимное влияние жесткостей и позволяющей моделировать стержень одним конечным элементом.

В этой связи, обоснованным представляется выбор **объекта** (упругий, геометрически и физически нелинейный стержень) и **предмета** (НДС и устойчивость упругих физически и геометрически нелинейных стержней) диссертационного исследования.

В основу **методологии исследования** положены общая геометрически нелинейная теория Коссера-Тимошенко, математический аппарат вариационного исчисления, статический и динамический методы исследования устойчивости систем с потенциальными нагрузками.

**Цель работы** (получение обобщенных аналитических решений задач деформирования и устойчивости упругих физически и геометрически нелинейных стержней на основе новых вариационных формулировок, учитывающих жесткости стержней на растяжение-сжатие, сдвиг и изгиб) достигается решением автором следующих основных задач:

- выполнения вариационной постановки статических пространственных задач нелинейного деформирования стержней и выводом на ее основе функционала типа Лагранжа с последующим сведением к двумерной задаче;

- формулировки геометрически и физически нелинейной двумерной задачи устойчивости равновесия стержня в вариационной постановке в виде поиска точки стационарности функционалов типа Лагранжа и Гамильтона (при статическом и динамическом подходах), с учетом жесткостей на изгиб, сдвиг и осевые деформации;

- получением на основе выполненных формулировок общих решений двумерных статических задач деформирования и устойчивости стержней с основными типами закреплений концов;

- решением известных частных задач устойчивости равновесия стержней при помощи новой теории с исследованием достоверности полученных решений и влияния жесткостей на осевые деформации и сдвиг на величину критической силы.

Высокая **степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**, сформулированных в диссертации, определяется правильным выбором методологии исследования, описанной выше, а также корректной методикой выполнения диссертационного исследования, в котором последовательно выполнены вариационная постановка задач, формулировка соответствующих разрешающих уравнений, и построение аналитических решений, соответствующих заявленным целям исследования. Приведенные выводы и рекомендации подтверждены выполненными автором исследованиями ряда практических задач, которым отведена отдельная глава.

**Достоверность** полученных автором решений и область их практического применения исследованы на многочисленных примерах решения частных задач, имеющих классические приближенные решения.

К числу несомненных достоинств работы относится тщательность проработки формулировок и сравнение результатов, полученных при помощи различных подходов. В частности, в работе приводится доказательство эквивалентности дифференциальной и вариационной постановки задач нелинейного деформирования стержня для гладких решений, выполнено сравнение

решений задач устойчивости, полученных при использовании статического и динамического подходов, и показано совпадение итоговых результатов.

Достоверность результатов подтверждена и достаточной апробацией полученных результатов на отечественных и международных конференциях и семинарах.

**Научная новизна** выносимых на защиту положений и результатов состоит, на наш взгляд, в разработке и апробации:

- вариационных формулировок задач деформирования и устойчивости физически и геометрически нелинейных упругих стержней в трехмерной постановке;

- функционалов и уравнений статической и динамической устойчивости в двумерной постановке для физически нелинейных упругих стержней с учетом жесткостей на осевые деформации и сдвиг;

- аналитического решения в замкнутом виде для критической силы упругого стержня с учетом жесткостей на осевые деформации и сдвиг, полученного для основных типов граничных условий.

Все новые научные положения и результаты, описанные выше, получены *лично* автором. **Личный вклад** автора не вызывает сомнений и подтверждается публикациями по всем разделам диссертации, а также представлением полученных результатов на российских и зарубежных конференциях.

На основе исследования свойств решений задач устойчивости стержней и их сравнительной оценки, автором разработаны **рекомендации по использованию научных выводов**, которые делают возможным практическое применение полученных формул в расчетах стержневых конструкций.

**Практическая значимость** результатов исследования заключается в получении на основе аналитического решения готовых формул, позволяющих вычислять значение критической силы для стержневых элементов с учетом жесткостей на изгиб, осевые деформации и сдвиг при геометрически нелинейной работе.

**Основные результаты диссертации** в достаточно полно изложены в 8 научных работах, в том числе – в 6 работах в научных изданиях, входящих в действующий перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, утвержденный Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертационное исследование, на наш взгляд, выполнено на должном уровне, а его направленность свидетельствует о высокой научной и профессиональной квалификации автора.

Содержание диссертации полностью отвечает поставленной цели и полно отражает решение сформулированных автором задач. В диссертации логично описан ход исследования (в соответствии с обозначенной целью, задачами и методологической схемой исследования). Изложение содержания ясное и грамотное, автор владеет соответствующей профессиональной терминологией.

К **достоинствам** диссертации следует отнести, кроме прочего, умение автора системно и последовательно подходить к решению поставленных задач, сформулированных, в целом, в рамках п.п.1, 2, 3 Паспорта специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Автореферат в должной мере отражает содержание диссертации.

**В качестве замечаний по диссертации можно привести:**

1. Цель диссертационного исследования сформулирована недостаточно четко, и по некоторым пунктам перекликается с задачами исследования;

2. Утверждение автора о том, что полученные формулы могут быть использованы в расчете устойчивости стержневых систем без использования программных комплексов, является спорным, так как условия закрепления элементов здесь не могут быть сведены к основным типам. Напротив, перспективным здесь представляется использование разработанных автором моделей стержневых элементов в программных комплексах, что позволит расширить возможности последних.

3. В работе делается вывод об ошибочности формулы Энгессера. Однако известно, что формула Энгессера-Шенли используется лишь для определения нижней границы начала выпучивания, то есть изначально не считается точной. В диссертационной работе не рассматривается работа материала в условиях развития пластических деформаций, поэтому, скорее всего, речь должна идти не об ошибочности, а о границах возможного применения ранних формулировок.

Высказанные замечания ни в коей мере не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и могут служить рекомендациями к дальнейшим исследованиям.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение о том, что рассматриваемая диссертация Кузнецовой Дарьи Александровны «Вариационные постановки и аналитические решения физически и геометрически нелинейных задач статики и устойчивости упругих стержней с учетом деформаций растяжения

– сжатия и сдвига» является законченной научной квалификационной работой, в которой содержится новое аналитическое решение задачи нелинейного деформирования и устойчивости упругих стержней с учетом продольных и сдвиговых деформаций, имеющее значение для развития строительной механики.

Диссертационная работа соответствует всем критериям, установленным пп. 9 и 10 действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации для диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Кузнецова Дарья Александровна заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Строительных  
конструкций и сооружений» Федерального  
государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Российский  
университет дружбы народов» (РУДН)  
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6,  
тел.: +7 (495) 955-08-05, +7 915 379 2468  
E-mail: galishnikova\_vv@pfur.ru

Научная специальность:  
05.23.17 – Строительная  
механика

Галишникова  
Вера Владимировна

«23» 09 2016 г.

Подпись Галишниковой Веры Владимировны заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российский университет дружбы народов" (РУДН)

д.ф-м.н., профессор

В.М. Савчин