

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, кандидата технических наук Мелешко Владимира Аркадьевича на диссертационную работу Полинкевича Константина Юрьевича «Определение напряженно-деформированного состояния тонкостенных анизотропных стержней открытого профиля при кручении», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Рецензируемая работа выполнена на 165 страницах машинописного текста и включает в себя 24 рисунка, 10 таблиц, 37 диаграмм, список литературы из 147 наименований.

### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Композиты являются новыми высокоэффективными и чрезвычайно прочными материалами. Они необходимы для разработки и создания новой техники и технологии по различным направлениям.

Область применения композиционных материалов обширна. Они применяются в авиации, космической отрасли, автомобилестроении, в гражданском строительстве и других отраслях.

При изменении углов армирования таких материалов можно добиться нужной для данной конструкции оптимальности свойств. В представленной работе предлагается метод расчета тонкостенных стержней, позволяющий менять ориентацию армирования и, тем самым получать необходимые жесткостные характеристики.

### **2. Научная новизна исследований и полученных результатов**

Основным научным результатом диссертационной работы можно считать разработку аналитического метода расчета тонкостенных анизотропных стержней открытого профиля, работающего на кручение, с учетом деформаций сдвига, поперечных деформаций, а также, с учетом коэффициентов влияния сдвиговой деформации на осевую и наоборот.

К новым научным результатам можно отнести:

1. Разработку итерационного способа расчета анизотропной балки, работающей на изгиб, при этом направление анизотропии может не совпадать с осью рассматриваемого элемента (глава 5).
2. Разработку итерационного способа расчета тонкостенного изотропного стержня, работающего в условиях стесненного кручения, с учетом деформаций сдвига. При этом, в отличие от методики Власова В.З. автор не использует дополнительные секториальные характеристики сечения, упрощая решение (глава 3).
3. Разработку итерационного способа расчета слоистых балок, работающих на изгиб. Методика позволяет учитывать любое количество слоев, каждый обладает индивидуальным набором физических характеристик (глава 2).
4. Проанализированы упругие постоянные ряда анизотропных материалов. Численно решен ряд задач по расчету элементов конструкций, выполненных из современного углепластика.
5. Дана оценка влияния изменения угла поворота консольного стержня при кручении в зависимости от направления волокон армирования. Полученный результат показал, что сохраняя те же архитектурные формы и используя те же самые материалы, меняя только угол армирования, жесткость конструкции на кручение можно изменять более чем в 20 раз.

Решение задачи методом итераций поделено на два этапа. Первый подготовительный этап рассматривает линейное распределение деформаций, что достигается с использованием гипотезы плоских сечений и гипотезы не надавливания волокон. На втором и последующих циклах продольные деформации носят уже нелинейный характер. При определении нормальных напряжений учитываются деформации сдвига, поперечные деформации, влияние сдвиговых деформаций на осевые.

Предложенные методики расчетов внедрены и используются в проектно-конструкторском отделе по разработке композитных конструкций.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

В рассматриваемой диссертации поставлена и решена задача расчета кручения тонкостенного стержня открытого профиля. При этом стержень может состоять из произвольного количества пластинок, выполненных из различных анизотропных материалов и имеющих разную толщину.

Автор приводит аналитическое решение, основанное на основных уравнениях теории упругости анизотропного тела.

Все математические выкладки записаны, с использованием программы MathCAD, что исключает случайные ошибки.

Для проверки достоверности полученных результатов автором получен целый ряд численных результатов, с использованием конечно элементного расчетного комплекса. По методу конечных элементов решены нетривиальные задачи с использованием ортотропного материала. Задачи решались как в плоской, так и в трехмерной постановках. Определено значение бимоента с использованием расчетного комплекса, учитывающего шесть степеней свободы, использована так называемая «бистержневая модель».

Также автор сравнивает свои результаты, с известными аналитическими решениями.

- результат, полученный уже на втором цикле расчета изгиба изотропной балки совпадает с решением сопротивления материалов, учитывающим сдвиговые деформации

- решение Власова В.З. получается на первом цикле расчета изотропного консольного швеллера, работающего на кручение.

- решение задачи изгиба анизотропной балки соответствует с аналитическому решению, приведенному Лехницким С.Г.

Изучение выводов, научных результатов и основных положений диссертации позволило установить, что соискатель достаточно ясно владеет вопросом. Работа затрагивает теоретические вопросы стесненного кручения

и анизотропии, одновременно с этим виден опыт численных расчетов с использованием программных комплексов метода конечных элементов.

#### **4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации**

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается:

- в возможности применения разработанной методики расчета при проектировании конструкций из тонкостенных анизотропных элементов. В ходе расчетов определяются перемещения, деформации и напряжения. Распределения напряжений и деформаций записывается в виде функций двух координат, что позволяет точно определить значение в заданной точке. Так же есть возможность получить поверхности распределения напряжений и деформаций.
- предложенный автором алгоритм позволяет подобрать необходимую крутильную жесткость элемента конструкции, варьируя лишь угол армирования, не прибегая каждый раз к построению пространственной конечно элементной модели.
- предложенная методика расчета внедрена и применяется компанией по производству конструкций из композитных материалов.
- в работе продемонстрирована универсальность и гибкость метода итераций, применительно не только к вопросу кручения тонкостенных анизотропных стержней, а также и к расчету изгибаемых элементов, различных слоистых конструкций. При необходимости метод может быть подстроен под решение различных научно-производственных задач строительной механики.

#### **5. Критические замечания и недостатки**

Положительно оценивая рассматриваемую работу в целом, отмечая ее высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, стоит отметить ряд замечаний.

1. В работе указан ряд задач, решение которых приведено автором для оценки достоверности решения. Но среди них – такие, например, как изгиб балки. Каким образом это решение служит достоверности результата - неочевидно.
2. В предложенной методике рассматривается стержень открытого профиля, состоящий из дискретных пластинок. Для стержней имеющих иную форму сечения метод не применим.
3. Приведены результаты углов закручивания консольного швеллера в зависимости от направления угла армирования. Наибольшую жесткость стержень имеет при направлении армирующих волокон вдоль оси стержня. Не указаны ситуации, при которых наклонное армирование приведет к увеличению жесткости.
4. В работе рассмотрено большое количество анизотропных материалов, но для расчетов выбран только один, и выводы о влиянии направления угла армирования и распределение напряжений с учетом сдвига, поперечных деформаций, а также коэффициентов влияния сдвиговой деформации на осевую сделаны на примере одного материала.

Однако, отмеченные недостатки носят рекомендательный характер, не относятся к главному содержанию работы и не существенно влияют на общую оценку работы. Предложенные рекомендации могут быть учтены автором в дальнейших научных исследованиях. В целом, работа выполнена на высоком профессиональном уровне и хорошо оформлена.

## **6. Выводы и рекомендации**

В целом, диссертационная работа является законченной научно-исследовательской работой. Автором разработан аналитический метод определения напряженно-деформированного состояния тонкостенных анизотропных стержней открытого профиля при кручении. Поставленная научная задача решена на основе теоретических исследований, а также аналитических и численных расчетах.

Автором по теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в которых отражены основные положения диссертационной работы. Из них 3 опубликованы в рецензируемых научно-технических журналах по перечню ВАК РФ, в которых рекомендуется публикация материалов и результатов диссертаций.

Диссертация выполнена на современном научном уровне и представляет собой законченную самостоятельную научно-квалификационную работу. В целом, диссертация оформлена аккуратно. Представленные материалы изложены в логической последовательности.

Автореферат отражает содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ. Стиль изложения способствует пониманию диссертации и позволяет объективно оценить личный вклад автора и полученные результаты исследования.

В ходе проведения своих научных исследований, автор показал себя профессионально подготовленным специалистом в области строительной механики.

Разработанная им методика по определению напряженно-деформированного состояния тонкостенных анизотропных стержней открытого профиля при кручении вносит значительный вклад в развитие теории и решение практических задач строительной механики.

### **Заключение**

Вышеизложенный материал дает основание считать, что диссертационная работа Полинкевича Константина Юрьевича по содержанию, форме, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности новых научных результатов, в достаточной степени аргументированных, отвечает требованиям п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

За решение задачи по разработке методики определения напряженно-деформированного состояния тонкостенных анизотропных стержней

открытого профиля при кручении, Полинкевич Константин Юрьевич  
заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Официальный оппонент,  
Доцент кафедры механики  
ФГБОУ ВО  
«Санкт-Петербургский  
государственный  
архитектурно-строительный  
университет»  
кандидат технических наук



Мелешко Владимир Аркадьевич  
17.05.2019

Адрес: 190005, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4  
Телефон: 8(812) 575-05-50  
Электронная почта: [vl-meleshko@yandex.ru](mailto:vl-meleshko@yandex.ru)

