

О Т З Ы В

официального оппонента

на диссертационную работу Безмельницына Александра Викторовича

«ОЦЕНКИ ЖЁСТКОСТИ И ПРОЧНОСТИ ВТУЛОК

ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДОРОЖНЫХ МАШИН

НА ОСНОВЕ МНОГОМАСШТАБНЫХ

ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

ПОРИСТОГО ТКАНЕВОГО СТЕКЛОПЛАСТИКА»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа А. В. Безмельницына представляет собой важное с прикладной и теоретической точки зрения исследование, связанное с экспериментальным и теоретическим анализом деформирования композитных материалов. В работе рассмотрены реальные изделия, созданные с использованием технологии намотки и используемые в современной промышленности. Рассмотренные изделия из стеклопластика имеют конкурентные преимущества по сравнению с типовыми аналогами, выполненными из металла. Это имеет большое практическое значение для широкого круга задач индустрии в целом.

Работа, представленная А. В. Безмельницыным, имеет понятную и удобную структуру. В введении автор привел интересный анализ актуальных типовых решений для изготовления элементов трения в конструкциях, а именно, антифрикционных втулок. Показаны преимущества полимерных изделий над металлическими.

В представленном исследовании автор поставил задачу оценки прочности и жесткости втулок, выполненных по технологии окружной намотки, при этом для решения данной задачи была детально проанализирована технология изготовления изделия для получения композита с открытой пористостью. Такой путь является, по-видимому, самым эффективным при работе с композитными

материалами, так как технология вносит большое количество аспектов в последующий прочностной анализ. Диссертант продемонстрировал важность такого подхода результатами своих исследований. Было показано существенное изменение механических свойств по толщине изделия. Например, модуль Юнга материала падал от внутреннего края к внешнему примерно на 50%. Такое изменение свойств непременно надо учитывать в прочностном анализе. Автором предложен комплекс механических испытаний для получения необходимых упругих и прочностных свойств пористого стеклопластика. Представляет несомненный интерес подход к расчётному определению девяти упругих констант ортотропного композита с верификацией лишь по окружному модулю упругости.

Важным аспектом анализа технологии намотки является выдвинутая автором гипотеза о влиянии переменности физико-механических свойств стеклопластика по толщине изделия на возникновение остаточных напряжений, что также отражено в представленной А.В. Безмельницыным работе.

Можно сказать, что наиболее сильной стороной работы является связь технологии производства изделия и свойств композитного материала. При этом, все шаги по моделированию неотрывно связаны с экспериментальными исследованиями, что не оставляет сомнений в достоверности результатов.

В итоге полезность данной работы для практики подтверждена двумя актами об использовании результатов от предприятий, занимающихся ремонтом пар трения и производством антифрикционных композитных втулок.

Тем не менее, есть некоторые замечания, которые не ставят под сомнение полученные результаты и не влияют на общую положительную оценку работы:

1. В работе автор сконцентрирован на неравномерном распределении коэффициентов температурного расширения в образце, выполненном при помощи технологии намотки. Такое распределение коэффициентов температурного расширения по толщине образца ведет к появлению радиальных остаточных напряжений. При этом автор совершенно не

упоминает о различной ориентации слоев намотки, что приводит к несогласованности коэффициентов теплового расширения и в большинстве случаев к существенно большим межслоевым напряжениям. Этот вопрос не рассматривается в работе, нет упоминания о малости таких напряжений, не понятно, на каком основании делается такое допущение.

2. Во введении на стр.29-32 автор дает обзор критериев прочности, который выполнен достаточно бедно и содержит в себе некоторые спорные утверждения, например, об универсальности критерия Цая-Ву.

3. На стр. 44 даются изменения физико-механических характеристик по толщине образца. Интересно было бы сравнить эти данные с изменением модуля или просто содержанием волокна. Для удобства будущих расчетов. Возможно можно измерять только одну характеристику, а остальные выстраивать по полученным зависимостям.

4. На стр. 49 показан способ получения радиальной прочности материала. Использована оснастка с использованием клея. Такой подход в силу несовпадения жесткостей материала, может приводить к существенным гидростатическим напряжениям в районе заделки. Получается всестороннее растяжение, что для материалов со сложной структурой, как правило приводит к существенному падению прочности.

5. При микромеханическом моделировании непонятно, почему автор не использует более простые методы осреднения, например, по энергии. Существуют специализированные программы для таких процедур, например, «WiseTex» автором которой является цитируемый диссертантом Ломов С.В. (Verpoest I., Lomov S. V. Virtual textile composites software WiseTex: Integration with micro-mechanical, permeability and structural analysis //Composites Science and Technology. – 2005. – Т. 65. – №. 15-16. – С. 2563-2574.)

6. В финальном расчете в разделе 4.4 автор уделяет внимание множеству мелочей. При этом не понятно использовал ли диссертант отработанные в предыдущих разделах методики. Включены ли в модель распределение

механических свойств по толщине изделия? Каким образом в модель интегрированы остаточные напряжения?

Общее заключение по диссертации.

Несмотря на сделанные замечания, вопросы, рассмотренные в диссертация А. В. Безмельницыным, проработаны достаточно глубоко, показан ряд новых методик, имеющих большое научное и практическое значение. Работа обладает внутренним единством и выполнена на высоком научном уровне.

На основании сказанного можно утверждать, что диссертация А. В. Безмельницына «Оценки жёсткости и прочности втулок опорных узлов дорожных машин на основе многомасштабных численных моделей пористого тканевого стеклопластика» удовлетворяет всем требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. Диссертант – А. В. Безмельницын заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент д. ф.-м. н.,
ведущий научный сотрудник,
Автономная некоммерческая образовательная
организация высшего профессионального
образования Сколковский институт науки и
технологий,
Москва

Федулов Борис Никитович

20.05.2021 г.

Юлия Резу
ДИРЕКТОР УДЕЛА
КАДРОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ

Н. И. Федулов
Генеральный директор
АВТОНОМНОЙ НЕКОММЕРЧЕСКОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ»

121205, г. Москва, Большой бульвар, д. 30, стр. 1
inbox@skoltech.ru
Тел. +7 (495) 280 14 81