



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ИМ. АКАДЕМИКА А. Г. ШИПУНОВА»

Россия, 300001, Тула, Щегловская засека, 59. Тел. (4872) 41-0068. Факс (4872) 42-6139, 46-9861. E-mail: kbkedr@tula.net

19.04.19 № 16928-19/2

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Уманского Александра Сергеевича
«Контроль механических свойств пространственно-армированных углерод-
углеродных композиционных материалов методом инструментального
индентирования»,
выполненной на соискание учёной степени
кандидата технических наук

В работе соискателя рассматривается задача по применению математической модели, позволяющей описывать контактную задачу внедрения индентора с плоской вершиной в армирующий стержень из углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ). Использование методов неразрушающего контроля, а именно инструментального индентирования является одним из основных способов контроля физико-механических характеристик материалов. В особенности это относится к образцам из полимерных материалов, имеющих анизотропные свойства, с малыми линейными геометрическими параметрами. Обоснование того или иного метода контроля осуществляется в несколько этапов: определением математической или (и) численной модели, проведением экспериментов, верификацией результатов расчетов испытаниями. Это приводит к

*№172-10
от 13.05.2019*

проблемам с определением рабочего диапазона индентора, необходимого для получения достоверных результатов и сопоставлением с результатами, основанными на аналитическом и численном решении. Таким образом, задача создания математической модели внедрения индентора с плоской вершиной является **актуальной**.

Предложенный соискателем подход позволяет математически и численно определять модуль продольной упругости при индентировании стержней пространственно-армированных УУКМ. В работе решаются задачи об определении рабочих диапазонов нагрузок, необходимых для расчета распространения упругой деформации в объеме стержня и матрицы, а также для распределения контактного давления в зоне между индентором и стержнем с применением программного модуля ANSYS Mechanical. Результаты расчетов верифицированы проведением экспериментов по внедрению индентора с плоской вершиной для образцов УУКМ с пространственным армированием по четырем осям. Возможность применения данного метода индентирования для определения локальных механических характеристик УУКМ показывает, что представленная работа является **практически полезной**.

В процессе исследования в работе получены неизвестные ранее теоретические результаты и результаты экспериментальных исследований, позволяющие описать поставленные задачи, а именно:

- анализ процесса взаимодействия армирующих стержней в структуре пространственно-армированных УУКМ с индентором Берковича и индентором с плоской вершиной;
- математическая модель, описывающая контактную задачу внедрения индентора в армирующий стержень УУКМ;
- численная модель упруго-пластического поведения УУКМ при индентировании с учетом плоской вершины;

– результаты экспериментального измерения продольного модуля упругости стержней пространственно-армированных УУКМ с использованием плоского индентора;

– методика технологического контроля качества пространственно-армированных УУКМ.

Данные результаты составляют **научную новизну** работы.

Корректное применение математических методов и верификация результатов по уже известным данным обеспечивают **достоверность** полученных результатов. Результаты в целом изложены на уровне, соответствующем современным научным работам, снабжены необходимыми иллюстрациями и пояснениями.

К **достоинствам** работы следует отнести:

1. Актуальную и сложную постановку задачи определения локальных механических характеристик УУКМ.

2. Проведение обширного количества экспериментов и их теоретический анализ (стр. 10-18).

3. Сравнение результатов численного моделирования с экспериментами и получение хорошего соответствия.

Однако работа не лишена и **недостатков**:

1. Обоснование актуальности содержит фразу: «задача гарантированного обеспечения требуемой неопределенности результатов измерений механических свойств». Что имеется в виду?

2. В основных положениях, выносимых на защиту, сказано (п. 2), про математическую модель. На стр. 12 представлена формула по определению модуля упругости при индентировании в зависимости от нагрузки, радиуса индентора и глубины индентирования. В данном случае вместо математической модели здесь представлена только математическая формула, что сам автор подтверждает на стр. 11.

3. На стр. 12-14 представлены результаты численного моделирования взаимодействия плоского индентора со стержнем. При этом получены

упругие деформации в зоне контакта стержня с индентором, а также представлена зависимость силы от глубины проникновения. Каким образом моделировалась сеточная модель в месте контакта острой кромки индентора со стержнем? На рисунке 4а) представлено незначительное уплотнение сетки в зоне контакта. Как автор определил достоверность своей сеточной модели?

Указанные недостатки не принципиальны и не снижают общего впечатления от работы.

Диссертационная работа полностью **удовлетворяет требованиям** п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, А.С. Уманский, **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Начальник отделения 2 АО «КБП», к.т.н.

Семашкин Валентин Евгеньевич

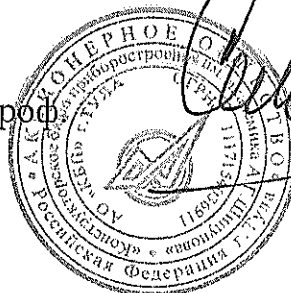
19.04.2019

Тел.: 8-4872-25-39-74



Подпись начальника отделения 2 В.Е. Семашкина заверяю.

Учёный секретарь НТС
и начальник отдела, д.т.н., проф.



Е.Н. Семашкин