

## ОТЗЫВ

**официального оппонента Решетова Владимира Николаевича**

на диссертационную работу *Уманского Александра Сергеевича*: «Контроль механических свойств пространственно-армированных углерод-углеродных композиционных материалов методом инструментального индентирования», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Диссертационная работа Уманского А.С. состоит из Введения, 5 содержательных глав, Заключения, Списка литературы и 2 Приложений. Она является плодом многолетних усилий, хорошо демонстрирует квалификацию соискателя и его личный вклад проделанную работу.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы, верно отражает ее суть и позволяет получить представление о научном и техническом уровне диссертационной работы. Защищаемые результаты опубликованы в реферируемых журналах и докладывались на конференциях.

Приведенные в Приложениях документы подтверждают тот факт, что полученные автором результаты востребованы научным сообществом и внедрены в реальный сектор наукоемкого производства и приборостроения.

**Актуальность темы диссертационной работы** не вызывает сомнения и связан с важной ролью неразрушающего контроля конструкционных материалов в современном машиностроении. Особая значимость полученных результатов обусловлена их применимостью к диагностике механических свойств перспективных композиционных материалов на основе углерода.

**Научная новизна** обусловлена правильным выбором средств и объекта научных исследований, грамотным сочетанием расчетных и экспериментальных методов и их совместном использовании для изучения перспективных сложносоставных армированных углерод-углеродных композиционных материалов композиционных материалов (УУКМ).

№ 148-10  
от 11.04.2019

Контроль механических свойств пространственно-армированных структур осуществляется с использованием современного микро-нанотвердомера серии «Константа МНТ», относящегося к классу приборов, работающих в соответствии с международными и российскими ГОСТами на осуществление метода инструментального индентирования.

**Научные результаты**, полученные соискателем, могут быть разделены на 3 группы:

- методика контроля качества УУКМ, основанная на измерении локальных механических свойств армирующих стержней в композитном материале;

- результаты экспериментальных исследований и численного анализа процесса взаимодействия армирующих стержней УУКМ с индентором Берковича и индентором с плоской вершиной;

- разработка и обоснование процедуры измерения продольного модуля упругости элементов УУКМ методом инструментального индентирования с использованием плоского индентора.

**Практическая ценность** проделанной работы подтверждается внедрением разработанных методик измерения и калибровки в сектор реального производства. Основной рекомендацией автору может быть расширение области применения предложенных методик и повышение уровня метрологических возможностей используемого оборудования.

Есть несколько замечаний к оформлению и содержанию работы.

1. Присутствует некоторая небрежность в оформлении результатов. Так на 16 странице Автореферата написано – «Для обоих образцов проводились индентирования с нагрузками 100, 200, 500, 800, 900, 1000, 1300, 1500 Н», а на 90 странице Диссертации по похожему поводу пишется – «Для оценки рабочих диапазонов прикладываемой нагрузки, в которых происходит деформирование отдельного стержня, а так же системы стержень-матрица в торцы стержней оси Z (Рисунок 43) проводились индентирования с нагрузками 100, 200, 500, 800, 900, 1000, 1300, 1500 мН».

Из данного сравнения и контекста становится понятно, что в Автореферате допущена опечатка и вместо Н должно быть мН.

2. В таблице 6 – «Расчетные значения нагрузки, глубины внедрения индентора в стержень и среднего контактного давления в зоне контакта индентора и стержня» приводятся до 5 значащих цифр в расчетных величинах, что явно избыточно. Особенно изящно выглядит первая строка таблицы для глубины, давления и силы:  $2,9883e-14$ ,  $5,5387e-005$ ,  $3,25E-14$ .

3. Для численного анализа влияния адгезии со связующей массой на механические свойства армирующих элементов автор использует варьирование коэффициента трения между волокнами и связующей. Такой подход является не совсем корректным и в реальной ситуации надо учитывать, как адгезионное сцепление, так и влияние сил трения на поведение волокон. Учет только сил трения является упрощенной моделью взаимодействия армирующих элементов со связующей.

4. Автор четко продемонстрировал факт зависимости измеряемых механических свойств (модуля упругости волокон) от технологии изготовления и уровня силового воздействия. При этом в тексте диссертации отсутствуют данные о верификации используемого оборудования на тестовых стандартных образцах гомогенных материалов с известными механическими свойствами. Таким образом становится затруднительной верификация численных значений измеренных модулей упругости и приписываемого им бюджета погрешности.

Указанные замечания не умаляют достоинства представленной к защите работы и не понижают уровень достоверности результатов.

В заключение хочется отметить, что диссертация Уманского А.С. содержит решение актуальной задачи измерения продольного модуля упругости стержней УУКМ, содержит новые научные и практические результаты и положения, которые свидетельствуют о существенном личном вкладе автора в развитие приборов и методов контроля композиционных материалов и изделий из них.

Предложенные автором решения аргументированы, научные положения теоретически и экспериментально обоснованы. Диссертация и автореферат написаны грамотным техническим языком, материал изложен последовательно, логично и оформлен в соответствии с требованиями.

Диссертация представляет собой законченную научную работу и соответствует требованиям, установленным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Считаю, что Уманский Александр Сергеевич за разработку и апробацию инструментальных методов контроля механических свойств углерод-углеродных композиционных материалов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

#### Официальный оппонент

Доцент «Кафедры электронных измерительных систем», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
доктор физико-математических наук

Адрес: 115409 г. Москва, Каширское шоссе, д. 31

Тел.: +7 (903) 732-57-02

e-mail: vnreshetov@mephi.ru

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»**

115409 г. Москва, Каширское шоссе, д. 31

Тел.: +7 (495) 788-56-99

e-mail: info@mephi.ru

Решетов  
Владимир  
Николаевич



Подпись удостоверяю  
Заместитель начальника отдела  
документационного обеспечения  
НИЯУ МИФИ  
А.А. Абатурова

ед. 04. 19