

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д 212.125.14,  
кандидату физико-математических наук,  
доценту В.Ю. Гидаспову

Волоколамское шоссе, д. 4  
г. Москва, А-80, ГСП-3, 125993

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Богданова Ильи Олеговича  
на тему «Двухмасштабное моделирование пространственных течений жидкостей и газов в пористых композитных структурах»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертационная работа посвящена **актуальным** вопросам двухмасштабного моделирования процессов фильтрации жидкостей и газов в процессе производства современных композиционных материалов на основе методов пропитки сухого армирующего материала жидким связующим. В работе убедительно показана необходимость разработки математического аппарата, основанного на методе асимптотического осреднения, который позволяет адекватно описывать процессы движения жидкостей и газов в пористых средах со сложной внутренней геометрией, не используя при этом приближенные соотношения и экспериментальные исследования для определения проницаемости.

В исследовании явно прослеживаются элементы **научной новизны**. Разработана физико-математическая модель слабосжимаемой жидкости, основанная на уточненном уравнении слабой сжимаемости, и двухмасштабная модель процесса вытеснения газа слабосжимаемой жидкостью в пористой композитной структуре в трехмерной постановке. Предложены конечно-элементные алгоритмы решения локальной и глобальной задач фильтрации, а также алгоритм расчета тензора проницаемости. Полученные результаты численного моделирования локальных и макроскопических процессов фильтрации демонстрируют эффективность предложенных алгоритмов ре-

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. № \_\_\_\_\_  
"4" 10 2018

шения задач двухмасштабного моделирования процессов фильтрации в пористых композитных структурах.

**Практическая значимость** работы обусловлена тем, что в ней предлагается методика двухмасштабного моделирования процессов фильтрации, основанная на асимптотическом анализе уравнений Навье-Стокса. Предложенные в работе подходы позволяют производить расчеты фильтрации для конкретных моделей микроструктуры пористой среды без введения каких-либо эмпирических допущений о характере локальных процессов. Это может быть полезно при проектировании композиционных материалов и моделировании технологических процессов их изготовления.

**Достоверность результатов исследования** гарантируется использованием обоснованного математического аппарата и апробированных численных методов. Исходные постановки задач базируются на фундаментальных законах механики сплошной среды. Ряд полученных в работе результатов проверяется сравнением с известными аналитическими решениями.

**Результаты исследования апробированы** на всероссийских и международных конференциях, а также на научных семинарах и отражены в 12 научных работах, в том числе в 5 статьях, включенных в перечень российских рецензируемых научных изданий.

Следует обратить внимание на ряд **недостатков**, выявленных в результате анализа автореферата:

1. Постановка задачи фильтрации для случая обобщенной модели слабосжимаемой жидкости (7)–(8) не содержит граничных и начальных условий. Кроме того, следовало бы кратко отразить процедуру их получения.

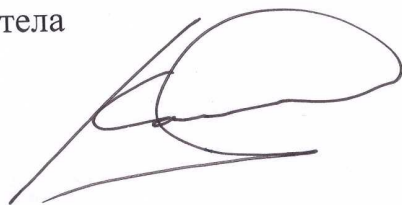
2. В автореферате не отражены конкретные преимущества обобщенной модели слабосжимаемой жидкости перед классическими подходами.

В тоже время, следует констатировать, что диссертация Богданова Ильи Олеговича является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на



соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы».

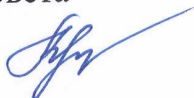
Начальник отделения «Центр прочности»  
Акционерного общества «Центральный  
научно-исследовательский институт  
специального машиностроения»,  
зам. главного конструктора по прочности,  
канд. техн. наук по специальностям  
05.13.18 – Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ,  
01.02.04 – Механика деформируемого  
твердого тела



Каледин Владимир Олегович

Подпись В.О. Каледина удостоверяю.

Секретарь научно-технического совета  
АО «ЦНИИСМ»



Краснова Г.В.

141371 г. Хотьково Московской обл., ул. Заводская, АО «ЦНИИСМ»  
Тел. 8(495) 993-00-11, факс 8(496) 543-82-94, e-mail [tsniism@tsniism.ru](mailto:tsniism@tsniism.ru)