



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

(АО «ВПК «НПО машиностроения»)
ул. Гагарина, д. 33, г. Реутов, Московская область, 143966
телеграфный: Реутов Московской ВЕСНА (АТ346416)
Тел.: (495) 528-30-18 (канцелярия) Факс: (495) 302-20-01
E-mail: vpk@vpk.npomash.ru http://www.npomash.ru
ОКПО 07501739, ОГРН 1075012001492
ИНН/КПП 5012039795/509950001

Учёному 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

28.09.2018

№ 8/356

на №

от

Отзыв на автореферат диссертации
И.О. Богданова

ОТЗЫВ

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

Диссертация посвящена **актуальным** вопросам математического моделирования процессов фильтрации жидких и газовых сред в твёрдом пронизанном каркасе пористых структур, которые возникают в процессе изготовления композиционных материалов различными промышленными способами, основанными на пропитке жидким связующим. Подобные материалы широко применяются в агрегатах и системах изделий ракетно-космической техники. Автором выполнен подробный анализ существующих теоретических положений в области математического описания поведения движения жидкостей и газов в неоднородных структурах природного и искусственного происхождения. Убедительно показана необходимость создания нового математического аппарата, основанного на двухмасштабных разложениях, и численных алгоритмов для вычисления физических характеристик гетерогенных смесей, предлагаемые автором.

Собственные исследования диссертанта отличаются **научной новизной**: на основе метода асимптотического осреднения разработана нестационарная математическая модель вытеснения газовой фазы сплошной жидкой средой, обладающей свойством слабой сжимаемости, в периодических многофазных материалах; предложены эффективные алгоритмы численного решения так называемых локальных задач на ячейке периодичности и вычис-

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 2
"4" 10 2018

ления осреднённой характеристики пористого материала – тензора проницаемости.

Практическая значимость работы заключается в расширении области применения метода асимптотического осреднения на задачи изготовления композитов с помощью технологии RTM.

Достоверность научных результатов обосновывается применением известного теоретического метода и соответствием результатов компьютерного моделирования известным аналитическим решениям.

Результаты работы прошли **достаточную апробацию** на научных семинарах и конференциях, нашли должное отражение в 12 научных работах, опубликованных в рецензируемых журналах.

Отмечая, в целом, высокий научно-технический уровень работы, следует указать на некоторые **недостатки**:


- было бы интересно знать, в силу каких предположений математическая формулировка задачи (система (1) на странице 8) не учитывает поверхностные взаимодействия трёх фаз – твёрдого тела, жидкости и газа, поскольку влияние капиллярных сил на скорость фильтрации жидкой фазы в микропорах композиционного материала может оказаться существенным;

- не совсем понятно обоснование правомерности построений (3), принятых на странице 9, - введение малого параметра $\kappa \rightarrow 0$ в безразмерные критерии Рейнольдса и Эйлера, поскольку, строго говоря, при использовании теоретических положений метода малого параметра необходимо определить и другие (в общем случае не геометрические) параметры $\kappa_1 \ll 1$ и $\kappa_2 \ll 1$, отличные от κ ;

Вместе с тем, как следует из автореферата, 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.

Отзыв заслушан и одобрен на секции НТС АО «ВПК «НПО машиностроения», протокол от 28.09.2018 № 3/2018.

Первый заместитель Генерального директора,
кандидат физико-математических наук



Хромушкин Анатолий Васильевич

Личная подпись А.В. Хромушкина верна:

Ученый секретарь НТС,
кандидат физико-математических наук



Точилев Леонид Сергеевич