

## ПРОТОКОЛ № 10

Заседания диссертационного совета Д 212.125.14 от 16 октября 2019 г.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета – д.ф.-м.н. Красильников П.С.,  
ученый секретарь совета – к.ф.-м.н. Гидаспов В.Ю,  
члены совета: д.ф.-м.н. Холостова О.В., д.ф.-м.н. Бардин Б.С., д.ф.м.н.  
Бишаев А.М., д.ф.-м.н. Колесник С.А., д.ф.-м.н. Косенко И.И., д.т.н.  
Котельников В.А., д.ф.-м.н. Котельников М.В., д.ф.-м.н. Маркеев А.П.,  
д.ф.-м.н. Никитченко Ю.А., д.ф.-м.н. Ревизников Д.Л., д.ф.-м.н.  
Формалев В.Ф., д.т.н. Ципенко А.В., д.т.н. Черепанов В.В.

Всего присутствовало 15 чел.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 21 человек.

**Повестка дня:**

о приеме к защите диссертационной работы Сухарева Тимура Юрьевича на тему «Численное моделирование процессов гидродинамического перемешивания», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» (физико-математические науки)

**Слушали:**

Колесника С.А., председателя экспертной комиссии диссертационного совета по диссертационной работе Сухарева Тимура Юрьевича на тему «Численное моделирование процессов гидродинамического перемешивания», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» (физико-математические науки)

Экспертная комиссия полагает:

- Диссертационная работа Сухарева Тимура Юрьевича на тему «Численное моделирование процессов гидродинамического перемешивания», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» (физико-математические науки) является законченной научной работой, посвященной разработке физико-математических моделей, вычислительных алгоритмов и комплексов программ для моделирования процессов гидродинамического перемешивания.

- Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней» ВАК РФ.

- **Результатами диссертации являются** оригинальные, научно обоснованные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса. Разработанные вычислительные алгоритмы моделирования процессов гидродинамического перемешивания позволяют определять пространственно-временные структуры в сложных гидродинамических течениях и оценивать их влияние на процесс перемешивания. Применительно к процессам перемешивания в установках колебательного типа сформулированы числа подобия. Созданы основы для определения оптимальных режимов работы устройств колебательного типа с позиций «потребляемая мощность – эффективность перемешивания». При рассмотрении гидродинамического перемешивания в системе подвижных профилированных коаксиальных цилиндров введены безразмерные критерии, позволяющие обоснованно подходить к масштабированию стендовых устройств. На основе анализа особых точек векторного поля скоростей жидкости предложены способы создания эффективных схем перемешивающих устройств данного класса. С использованием разложений по динамическим модам разработаны алгоритмы и построены редуцированные модели, которые позволяют описать эволюцию поля скоростей жидкости конечномерным линейным оператором. Показано, что для различных периодических режимов перемешивания применяемый подход позволяет получить достаточно точные пространственно-временные картины распределения примеси при существенном сокращении вычислительных затрат. Разработаны и протестированы комплексная математическая модель и численные алгоритмы процессов перемешивания в жидких средах с волокнистыми включениями. Исследовано влияние протокола перемешивания на ориентацию ансамбля волокон в прямоугольной камере с подвижным дном и крышкой.

- **Прикладное значение результатов диссертации** состоит в том, что разработаны способы, которые позволяют находить эффективные схемы и режимы работы перемешивающих устройств.

Сформулированы числа подобия, которые дают возможность осуществить переход от лабораторных стендовых установок к реальным производственным аппаратам. Разработанный программный комплекс для построения конечномерных редуцированных моделей позволяет анализировать и экономично хранить информацию о поле течения, полученную не только в ходе расчета, но и в процессе физического эксперимента. Программный комплекс для моделирования динамики волокнистых включений в жидкости позволяет в деталях проследить процесс формирования структуры композитных материалов.

- **Результаты диссертации полностью отражены** в 12 работах, из которых 5 опубликованы в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

- Содержание автореферата полностью соответствует диссертации.

**Автором получены следующие результаты:**

1. Разработаны методы, алгоритмическое и программное обеспечение для моделирования процессов гидродинамического перемешивания, которые позволяют описывать пространственно-временные структуры в сложных течениях и оценивать их влияние на процесс перемешивания. Это создаёт основы для выбора эффективных схем перемешивающих устройств и оптимальных режимов их работы.
2. Представлены результаты численного моделирования процессов гидродинамического перемешивания в установках колебательного типа. Исследовано влияние на процесс перемешивания амплитудно-частотных характеристик колеблющегося элемента, а также его геометрической формы. Получена карта режимов в плоскости «эффективность перемешивания – потребляемая мощность». Предложена методика оптимального размещения рабочих элементов.
3. Представлены результаты численного моделирования процессов гидродинамического перемешивания в системе подвижных коаксиальных профилированных цилиндров. Определены эффективные протоколы перемешивания, построена соответствующая карта режимов. Предложена методика профилирования внутреннего цилиндра на основе анализа особых

точек в векторном поле скорости жидкости. Выявлен наиболее технологичный способ управления процессом перемешивания.

4. Сформулированы числа подобия для перемешивающих устройств двух различных классов. С помощью вычислительных экспериментов доказана их состоятельность.
5. С использованием разложений по динамическим модам разработаны алгоритмы и построены редуцированные модели для ряда задач перемешивания. Данный подход обеспечивает эффективное хранение информации о поле течения.
6. Сформулирована комплексная математическая модель динамики гибкого волокна в жидкой среде. Разработан и апробирован соответствующий программно-алгоритмический комплекс. Исследовано влияние протокола перемешивания на ориентацию ансамбля волокон в представленном типе устройств.

Перечисленные результаты являются новыми и вносят существенный вклад в развитие нелинейной волновой механики.

Диссертация соответствует профилю специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» и может быть принята к защите на заседании диссертационного совета Д 212.125.14.

**Выступили:**

д.ф.-м.н. проф. Ревизников Д.Л., д.т.н. проф. Котельников В.А.

**Постановили:**

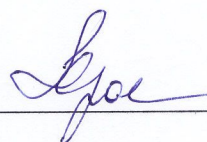
1. Утвердить в качестве официальных оппонентов по докторской диссертации Сухарева Тимура Юрьевича следующих специалистов:
  - Черкасова Сергея Гелиевича, профессора, доктора физико-математических наук, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», главный научный сотрудник.
  - Коротееву Екатерину Юрьевну, кандидата физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», старший научный сотрудник.
2. Утвердить в качестве ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный

исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», 420111, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

3. Назначить дату защиты «20» декабря 2019 г.
4. Разрешить печать автореферата диссертации на правах рукописи.
5. Утвердить список адресов рассылки автореферата диссертации.

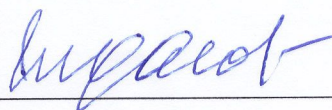
**Результаты**                    За:                    15.  
**голосования:**                Против:            нет.  
   Воздержались:   нет.

Председатель  
Диссертационного совета Д 212.125.14,  
д.ф.-м.н., проф.



П.С. Красильников

Ученый секретарь  
Диссертационного совета Д 212.125.14,  
д.ф.-м.н., доцент



В.Ю. Гидаспов

И.о. начальника отдела УДС МАИ  
Т.А. Анисина

