

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Айрапетяна Валерика Сергеевича на диссертацию Белоусова Андрея Петровича: «**Разработка оптических систем локальной и полевой диагностики газожидкостных потоков**», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Актуальность темы исследования и полученные автором результаты не вызывают сомнений. Оптимизация промышленных установок, современные проблемы химической и биологической отраслей, транспорта, экологии и энергетики требуют широкого использования современной измерительной аппаратуры. Разработка и создание новых технологий мониторинга и контроля в энергетических установках входит в число приоритетных задач государства. Оптические методы измерений в настоящий момент являются одними из наиболее перспективных диагностических инструментов. Основным стратегическим направлением развития измерительных комплексов в Российской Федерации является широкое внедрение эффективных технологий записи, хранения и обработки информации. Другое инновационное направление работ в области оснащения промышленных объектов современными измерительными средствами – использование новых универсальных физических принципов положенных в основу диагностических методов. Такая идеология считается одной из перспективных для достижения быстрой отдачи от проводимых исследований и преодоления существующих ограничений. Следует отметить, что интерес к разработке оптических измерительных систем, в частности для промышленных приложений, связан с новым направлением в развитии: упрощением, уменьшением размеров и стоимости при повышении метрологических качеств. В таком случае высокие параметры достигаются при умеренных ресурсах и финансовых затратах.

Среди инженерных проблем создания оптических измерительных систем следует отметить оптимальный выбор оптико-электронных и цифровых блоков, разработку корректных моделей отражения и преломления оптического излучения границами раздела фаз, создание ряда эффективных расчетных алгоритмов. Ввод в строй новых оптических измерительных комплексов, должен был дать ответ о возможности интенсивного использования оптических методов для мониторинга газожидкостных течений, проектирование которых было начато в 1996 году. Таким образом,



поставленная перед автором цель исследования, разработки, создания систем диагностики газожидкостных течений была своевременной и важной.

Научная новизна полученных результатов заключена, прежде всего, в разработке бесконтактной техники определения параметров дисперсной фазы оптическим волоконным зондом. Построении базовых моделей отражения и преломления гауссовых пучков границами раздела фаз, примененных в доплеровских системах измерения статических и динамических параметров газожидкостных потоков. Создание модели отражения и преломления границей раздела фаз диффузного излучения, что легло в основу системы измерения профиля толщины жидкой пленки, движущейся по поверхности, а также систем измерения пространственной локализации и динамики пузырьков газа и капель жидкости в газожидкостных потоках. Следует отметить достижения автора в области коррекции пространственных искажений в оптических системах, содержащих шаровые линзы. Рекомендации по организации таких систем имеют большое значение для проведения исследований в химических и биологических реакторах. Особое место в исследовании занимают принципиально новые алгоритмы экспериментального и численного построения пространственного распределения дисперсной фазы, алгоритмы измерения энергетических свойств вихревых образований на базе цифровой обработки фотографий газожидкостного потока. Результаты научной работы позволили создать ряд измерительных комплексов и, это подтверждает тот факт, что задачи, поставленные для достижения цели, успешно решены.

На это указывает и практическая значимость проведенной работы, которая, главным образом, заключается в том, что в результате проведенных исследований и принятия технических решений был разработан и внедрен ряд измерительных систем, успешно применяемых в гидрофизическом эксперименте. Данные исследования динамических и статических параметров газожидкостных потоков были использованы для обоснования применения данных измерительных систем к данным потокам и в будущем. Разработанные системы полевой и локальной диагностики на основе новых информационных и оптико-электронных методик обеспечили существенное снижение стоимости и доступность измерительных технологий. Полученный опыт изготовления и эксплуатации разработанных систем имеет большое практическое значение для развития методов экспериментальной гидромеханики. Он дал толчок к развитию современных расчетных моделей, методам мониторинга и контроля основных параметров газожидкостных потоков. Значения, полученные при проведении инженерно-физических



исследований, были востребованы при разработке принципов построения современных измерительных систем.

Результаты исследований, выполненных автором, прошли многократную апробацию на российских и международных конференциях и симпозиумах, одобрены международным сообществом. Они являются достоверными, внедрены в практику, имеют высокую научную и практическую значимость и могут применяться на других объектах. Диссертационная работа выполнена автором в Институте теплофизики СО РАН и Новосибирском государственном техническом университете в течение 1996 – 2016 годов и личный вклад автора является определяющим в получении результатов расчетных, экспериментальных и прикладных исследований.

Диссертационная работа изложена на 220 страницах текста, включая 111 рисунков, 8 таблиц, 1 приложение. Она состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 160 наименований. По теме диссертации опубликовано 58 научных работ в российских и зарубежных журналах, в трудах международных и российских конференций. Из них 15 работ опубликовано в ведущих отечественных и зарубежных рецензируемых журналах из перечня ВАК.

Во введении обосновывается актуальность, определены цели и задачи исследования, изложена краткая история исследований по теме диссертации, приведена краткая аннотация диссертационной работы по главам, сформулированы научная новизна работы и ее практическая значимость, личный вклад автора и основные положения, выносимые на защиту.

Основные положения, выносимые на защиту, последовательно обосновываются в главах диссертации:

- лазерная оптическая система на основе одномодового оптического волокна позволяющая определить размер сферических газовых пузырьков диаметром (0,15–2) мм, движущихся близко к оси волокна с известной постоянной скоростью в оптически прозрачных средах с высокой концентрацией дисперсной фазы до момента контакта приемного торца световода с исследуемым объектом во второй главе;
- доплеровские технологии на основе методов когерентной оптики позволяющие определить размер и компоненты скоростей границ ( $>50$  мкм/с) пузырьков (капель) диаметром ( $\sim 1$  мм) в потоках с низкой концентрацией дисперсной фазы в третьей главе;
- система, формирующая изображение области контакта элементов шаровой засыпки, состоящая из двух стеклянных шаров и корректирующей линзы, помещенной в плоскость промежуточного изображения, симметризирующей



положение входного зрачка позволяющая получить угловое поле зрения до 69 градусов и остаточные пространственные искажения не выше 1% в четвертой главе;

– оптическая технология, основанная на корректном освещении светопрозрачных границ раздела фаз диффузными протяженными источниками излучения, позволяющая формировать изображение, определять пространственное положение и геометрические параметры границ раздела фаз четвертой главе;

– технология, использующая двумерные поля скорости, полученные корреляционным анализом пары изображений трассеров в потоке жидкости, зафиксированных через определенный интервал времени, позволяющие определять пространственное положение, геометрические, энергетические и статистические свойства крупномасштабных ( $> 1$  мм) вихревых структур в пятой главе.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационной работы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация Белоусова А. П. отличается специфической особенностью заключающаяся в том, что исследование выполнено на стыке направлений гидродинамики и оптики, где оптическая часть представлена не достаточно профессионально. Поэтому у оппонента возникло большое количество вопросов и замечаний по диссертации. Справедливости ради нужно отметить, что при устном собеседовании с диссертантом были получены ответы на некоторых вопросов и разъяснены замечания. Поэтому эти ответы и разъяснения были сняты, и, к сожалению, не вошли в диссертацию. Обобщая многие вопросы, считаю необходимым отметить некоторые замечания и недостатки диссертации.

1. В самом начале диссертации (4 стр.) отмечается, что исследование многофазных потоков выполняется оптическим методом (диапазон длин волн 380 – 780 нм) на основе одномодовых лазерных источников. В диссертации описаны взаимодействие только двух длин волн со средой – это He-Ne –лазер,(632,8 нм, стр.47) и вторая гармоника YAG:Nd<sup>3+</sup> – лазера (532 нм, стр.145). Причем указываются марки промышленно выпущенных лазерных источников работающих в многомодовым режиме. Не понятно, как было получено гауссово распределение интенсивности лазерного излучения, после его прохождения через одномодовое оптоволокно и/или оптическую систему.



2. В диссертации не приведены материалы, иллюстрирующие **непосредственную графическую и аналитическую связь** основных технических характеристик и свойств (интенсивность, длина волны, длительность светового импульса, когерентность, спектральная ширина и др.) лазерного излучения с параметрами компонент газожидкостного потока.
3. Ценность и достоверность диссертации повышается при наличии авторской публикацией результатов исследований в **престижных отечественных и зарубежных оптических журналах**. В списке трудов таких публикаций не имеются.
4. Технологии оптического зондирования весьма востребованы при изучении высококонцентрированных потоков. В связи с этим, можно было бы дополнить вторую главу результатами практического использования таких технологий.
5. На некоторых рисунках 3.12, 3.13, 4.3 и т.д. надписи сделаны очень мелко, что затрудняет их прочтение.

Несмотря на указанные замечания диссертация **«Разработка оптических систем локальной и полевой диагностики газожидкостных потоков»** является самостоятельной, завершённой, исследовательской работой, совокупность результатов которой соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013) ВАК Минобрнауки РФ, а ее автор, Белоусов Андрей Петрович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Заведующий кафедрой «Специальных устройств и технологий» СГУГиТ  
доктор технических наук,  
специальность 01.04.05 – Оптика

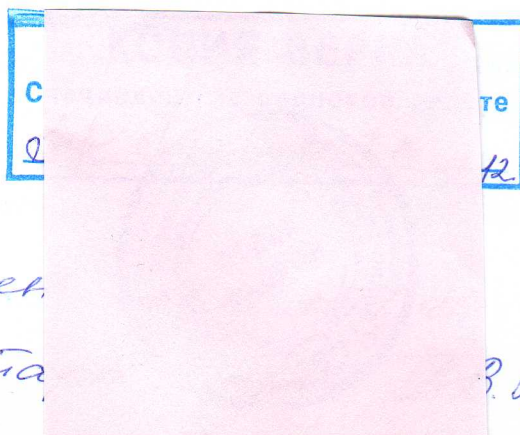


В. С. Айрапетян

*Сотворенная оценка  
11.12.2017г*

*Л. Белоусов А.П.*

*Одговоров попросил  
Генеральный секретарь*



С  
е  
те  
12.2017

*В. В. В. В. В.*