

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Андрея Петровича Белоусова «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.

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Физический эксперимент играет исключительную роль при контроле многофазных потоков. Его постановка особенно необходима при определении геометрических и физических параметров газожидкостных дисперсионных течений в современных объектах атомной энергетики, химического производства, трубопроводного транспорта. Основными физическими величинами, измеряемыми в процессе таких испытаний, являются: дисперсионный состав, пространственное распределение дисперсной фазы, турбулентные параметры потоков. Кроме того, при ряде испытаний важное значение приобретает информация о местных особенностях информативных параметров световых волн при отражении и преломлении на границе светопрозрачных фаз в газожидкостных потоках.

В настоящее время для определения скорости, размера, пространственного распределения фаз двухфазных потоков, используются оптические методы. Эти методы позволяют бесконтактно проводить исследования, как на моделях, так и на натуральных объектах. Такие работы на протяжении многих лет проводятся в СО РАН под руководством профессоров Дубнищева Ю.Н. и Ринкевичуса Б.С.

Следует отметить, что особое место в эксперименте занимают исследования закономерностей концентрации газовых пузырьков в жидкости в области локализации вихревых структур. При этом важна бесконтактность, высокая скорость сбора информации. Применяемые в настоящее время методы оптической диагностики многофазных потоков основаны на исследовании их отдельных, наиболее нагруженных точек, областей локализации. Поэтому работы, направленные на поиск новых методов и разработку

оптико-электронных систем контроля газожидкостных дисперсионных потоков, являются чрезвычайно актуальными.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертационной работе А.П. Белоусова осуществлено развитие оптической системы локальной и полевой диагностики многофазных потоков, связанной с использованием лазерной оптической системы. При этом решены научно-технические задачи, среди которых следует отметить разработку физико-математической модели отражения и преломления оптического излучения границами раздела фаз. Кроме того, разработана экспериментальная установка для формирования изображения и определения пространственного положения и геометрических параметров границ раздела фаз с относительной погрешностью, не превышающей $1/d$, где d – размер объекта на изображении в пикселах, приведены результаты внедрения авторской методики в Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН и в учебном процессе НГТУ и СГУГиТ.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 160 наименований, 111 рисунков, 1 приложения.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе дан сравнительный анализ различных методов исследования многофазных течений: механические, акустические, электромагнитные, оптические (микроскопия, голография, хроматография), радиоактивные. Доказывается, что среди перечисленных методов оптическая лазерная доплеровская анемометрия (ЛДА) с опорным пучком позволяет при оптимальной чувствительности к измеряемым параметрам исключить использование дорогостоящего экспериментального оборудования и проводить исследования в условиях обычной испытательной лаборатории. В работе показано, что именно метод ЛДА с опорным пучком способен просто определять

скорость и размер дисперсной фазы. Однако для широкого практического использования ЛДА необходимо решить ряд задач, связанных с моделированием отражения и преломления гауссова пучка границами раздела фаз и с созданием методики проведения экспериментальных исследований.

Во второй главе автор развивает теоретические основы волоконных методов локальной диагностики. Анализируются случаи многомодовых и одномодовых оптических волокон. Рассматриваются различные варианты взаимодействия оптического зонда и газового пузырька. Используется матричная форма описания такого взаимодействия. При исследовании характеристик гауссова пучка на выходном торце световода, регистрируемого от передней и задней границ раздела, автор достаточно времени уделяет оценке обоснованности выбора методов моделирования и обработки полученных результатов. Тем самым достигается высокая достоверность исследования и уверенность в том, что предлагаемый способ и технология адекватно отражают процессы распространения волны в широком диапазоне частот, а потому вполне надежны.

В третьей главе приведены результаты моделирования систем лазерной доплеровской диагностики двухфазных потоков. Были исследованы случаи взаимодействия пузырьков газа в жидкости и капли жидкости в газе. Доказана чувствительность величины фототока от радиуса пузыря при его приближении к торцу волокна. Установлена зависимость амплитуды доплеровского сигнала при движении капли от ее положения относительно перетяжки.

В четвертой главе анализируется возможность адаптации систем полевой диагностики однофазных потоков Particle Image Velocimetry (PIV) к многофазным течениям. Рассмотрены два подхода – использование элементов шаровой засыпки как составной части оптической системы и анализ взаимодействия диффузного излучения с границей раздела двух прозрачных фаз. Разработаны: оптическая система, позволяющая переносить изображение высокого качества из труднодоступных мест в шаровых засыпках и метод

диффузного освещения, позволяющий определять геометрические параметры частиц дисперсной фазы.

В пятой главе рассмотрено применение систем полевой диагностики для решения задач экспериментальной гидромеханики. Система компенсации пространственных искажений, состоящая из шаровых линз, позволила решить актуальную задачу исследования течения жидкости в окрестности боковых точек контакта элементов шаровой упаковки при гравитационном растекании пленки. При этом показано, что в диапазоне расходов 2 – 7 мл/сек, толщина пленки не зависит от расхода жидкости. Изучены процессы испарения в факеле распыла пневматической форсунки. Показано, что время жизни капель мелкодисперсной фракции (менее 20 мкм) не превышает 0,5 мс.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

В области моделирования процессов в газожидкостных потоках автором получены новые результаты:

- модель отражения и преломления гауссова пучка границами раздела фаз для оптического волоконного зонда и в схеме ЛДА с опорным пучком;
- модель отражения оптического излучения в дифференциальной схеме ЛДА дисперсной фазой (газовые пузырьки, капли жидкости) в газожидкостных потоках;
- компенсация пространственных искажений, возникающих при переносе изображения в системах, состоящих из стеклянных шаров;
- методы, расширяющие функциональные возможности Particle Image Velocimetry (PIV) систем в области диагностики многофазных потоков.

Приведенные в диссертации теоретические результаты корректно подкрепляются экспериментальными данными, даются рекомендации для практического использования в исследовательских лабораториях.

4. Практическая значимость результатов, полученных в диссертации.

Разработанная в диссертации А.П. Белоусова оптическая система позволяет упростить технологию проведения экспериментов на натурных объектах и

обработку полученных результатов. Это позволило выполнить большой объем исследований на различных реальных объектах, а саму систему защитить патентами. Результаты диссертационной работы А.П. Белоусова внедрены в Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН и в учебном процессе НГТУ и СГУГиТ.

5. Соответствие диссертации и автореферата требованиям "Положения" о порядке присуждения научным и научно-педагогическим работникам ученых степеней и присвоения ученых званий

Приведенные в диссертации А.П. Белоусова результаты работы являются новыми. Представленный объем теоретических и экспериментальных результатов, полученных А.П. Белоусовым, их научная новизна и ценность соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Содержание диссертации и автореферата соответствует специальности 05.11.07 - Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

6. Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы, репрезентативность эмпирического материала

Автореферат и 15 публикаций автора в ведущих научных журналах отражают принципиальные положения диссертации. Публикации – статьи журналах «Автометрия», «Теплофизика и аэромеханика», «Прикладная механика и техническая физика», «Доклады ТУСУРа», «Научный вестник НГТУ».

Начиная с 2000 года, А.П. Белоусов активно участвует и выступает с докладами на научных конференциях и семинарах. Таким образом, научная и инженерная общественность имела возможность ознакомиться с результатами исследований.

Личный вклад диссертанта в разработку научной проблемы отражен в автореферате диссертации.

7. Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Переходя к характеристике диссертационной работы А.П. Белоусова в целом, следует отметить, что ее результаты можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей научное и практическое значение в технике исследования газожидкостных потоков. Созданная им оптическая система исследования позволила усовершенствовать технику проведения эксперимента и способ расшифровки данных. В диссертации приводятся материалы практического использования разработок автора.

Диссертация написана, в основном, грамотным языком, неплохо оформлена и иллюстрирована. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

8. Замечания по работе

1. Из рис. 3.2 диссертации непонятно – в чем проявляется преломление и отражение лазерного пучка?
2. Вызывает сомнение утверждение на стр. 20 автореферата (в диссертации его нет): «...погрешность диагностического метода в случае использования гармоник с $(1 > 2)$, может быть уменьшена до величины $<1\%$. Важное свойство системы – отсутствие принципиальных ограничений размера исследуемых объектов».
3. Третья и четвертая главы чрезмерно насыщены аналитическим обзором, а ведь диссертация – изложение личных исследований автора.
4. В ряде случаев имеются стилистические погрешности.
5. К сожалению, отсутствует информация об использовании результатов выполненных исследований в физических институтах РАН.

Сделанные замечания несколько снижают восприятие диссертации.

9. Заключение

Диссертационная работа А.П. Белоусова представляет собой завершённое научное исследование, содержит новые теоретические и прикладные результаты, решающие задачу диагностики газожидкостных потоков с использованием оптических систем. Считаю, что работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, 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.

Герасимов

Официальный оппонент
Герасимов Сергей Иванович,
заведующий кафедрой «Строительная механика»
ФГОУ ВО «Сибирский государственный университет
технологических и прикладных наук»,
доктор технических наук, профессор,
член международного общества
оптической техники SPIE (USA) с 1991 г.,
ID#00245574
тел/факс (383) 328-03-52
E-mail Gerasimov@stu.ru

630049, г. Новосибирск,
ул. Дуси Ковальчук, 191
СГУПС

Подлинность подписи Герасимова С.И. заверяю.
Начальник отдела делопроизводства

Москвина Т.М.

4 декабря 2017 г.

*С отзывом ознакомлен 11.12.2017г.
Л. Вайдул*

*Отзыв получен 08 декабря 2017г.
Ученый секретарь Физ. - В.В. Волков*