

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Балабиной Татьяны Юрьевны «Снижение уровня неоднородности потока пористыми вставками в газодинамическом контуре газовых лазеров», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 — «Механика жидкости, газа и плазмы».

Разработка газовых лазеров с замкнутым циклом связана с важной проблемой формирования однородного потока с минимальными пульсациями в области резонатора. Наличие различных конструктивных элементов в газовом контуре приводят к возникновению существенных искажений в структуре потока, что негативно сказывается на выходные характеристики лазера. Для устранения таких пульсаций необходима разработка методов снижения уровня пульсаций в потоке, которые поступают в область резонатора.

Диссертационная работа посвящена исследованию способов снижения пульсационных возмущений потока в тракте газовых лазеров с применением пористой вставки. Данный вопрос является важной задачей при организации газодинамического контура в условиях ограничения массогабаритных характеристик и повышения мощности газового лазера. Накопленный опыт по исследованию лазерной тематики ориентирован на обзор общих принципов построения. В то время как возникающие вопросы по организации газодинамического контура практически не встречается.

Автором проведен детальный обзор существующих методов снижения неоднородности. На основании проведенного обзора предложено использовать открытопористые структуры, которые легко могут быть изготовлены из сетчатого материала. Для применения открытопористых структур необходимо разработать расчетную технологию, провести численные исследования на макро и микроуровне течения в пористых средах, дать способы пересчета параметров от микро до макроуровня и применить для расчета реальных конструкций.

Автором сформулировано направления исследований, которое доведены до математических постановок задачи, возможности сопоставления с экспериментом и численного обоснования предложенных конструкций.

Автором освоена методика ЛОГОС и проведены численные исследования структуры турбулентных потоков в основном конструкционном элементе, которым является поворотное колено с углом 90 градусов. Для него построены сеточные модели, отвечающие подходам моделирования

турбулентности: подходы, базирующиеся на использовании осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS), замкнутых с помощью той или иной полуэмпирической модели турбулентности, а также вихреразрешающий, в частности, метод моделирования крупных вихрей (LES). Из анализа полученных результатов сделан вывод о том, что осредненные параметры потока в нестационарной постановке с использованием зонного RANS-LES перехода в модели турбулентности качественно и количественно лучше совпадает с экспериментальными данными, чем результаты стационарных расчетов, основанные на использовании RANS подхода. Верификация численной методики проводилась экспериментальными данным, которые были получены на аэродинамическом стенде на базе НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Следующим этапом исследования был подход сквозного численного моделирования течения газа в канале с пористой вставкой. Для одного перспективного образца из открытопористого материала была построена расчетная модель с подробным описанием структуры пористых каналов и учетом пограничного слоя на стенках пористых каналов. По результатам расчетов получены оценки коэффициентов переноса для макромодели. Проведена оценка формирующихся пульсаций, которые порождаются за пористой структурой, и их затухание с использованием спектрального анализа возмущений. Исследовано влияние пористого тела на диффузионное перемешивание двух компонент потока на микроуровне.

Автором разработана технология моделирования течения в газовых проточных лазерах с пористыми вставками, которая интегрирует совокупностью всех рассмотренных в диссертации задач. На примере конструкции теплообменника проточного газодинамического лазера с пористой вставкой и без нее показано применение расчетной технологии. Полученные данные численного моделирования для разных чисел Рейнольдса верифицируются экспериментальными данными.

По результатам выполненной работы можно констатировать, что все поставленные задачи выполнены. Основные результаты можно трактовать следующим образом:

1 Приведены результаты численного исследования структуры турбулентных потоков за коленом. Установлен стохастический характер течения на основании моделирования вихреразрешающей моделью турбулентности, при этом осредненные параметры, соответствуют решению, полученному на основании численного моделирования по RANS подходу и осредненным значениям экспериментальных данных.

2 Результаты численного моделирования газодинамических течений в тракте газовых лазеров при наличии пористой вставки на макро и

микроуровневых. В микромасштабе исследуются физические процессы фильтрации через пористую вставку типа ПСМ (пористые-сетчатые материалы). На основании микромоделирования определены фильтрационные характеристики пористой вставки для макромоделирования. Приведена оценка влияния пористой вставки на снижение неоднородностей потока.

3 Предложено использование открытопористой структуры высокой пористости для снижения уровня завихренности. На основании численного моделирования подтверждено, что с использованием пористой вставки за коленом уровень завихренности резко снижается до уровня однородного потока на расстоянии менее одного диаметра трубы в диапазоне скоростей от 5 до 30 м/с. Результаты численного исследования подтверждены экспериментальными данными.

4 На основе результатов моделирования течения через пористую вставку предложена конструкция выравнивания потока, на которую получен патент.

5 Разработана расчетная технология исследования структуры газодинамического потока с позиции влияния конструктивных элементов на пульсационные характеристики среды.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы 4 научных статьях, 2 из которых опубликованы в рецензируемых журналах, индексируемых в базах данных SCOPUS, Web of Science, а остальные 2 – в журналах из перечня ВАК, получено 1 свидетельство о регистрации патента на изобретение.

Основные результаты диссертационной работы докладывались на 13 российских и международных конференциях. Также результаты работы были представлены на научных семинарах в МГУ (филиал в г. Саров), НГТУ им. Р.Е.Алексеева, КФУ и ИГПМ им. М.В. Келдыша.

В процессе работы над диссертацией Балабина Т.Ю. проявила себя как высококвалифицированный исследователь, способный творчески решать поставленные перед ней задачи. В короткий срок она освоила технологию решения газодинамических задач по пакету программ ЛОГОС. Для численного исследования ею были разработаны геометрические и сеточные модели исследуемых конструкций. Для обоснования расчетной технологии сформулированы постановки экспериментов и принимала непосредственное участие в анализе полученных экспериментальных данных.

Были проведены численные исследования течений в криволинейном канале, определены уровень пульсаций, предложены способы пересчета результатов с микро на макроуровень и разработана технология полномасштабного моделирования течения в газодинамическом тракте газового лазера.

Диссертация имеет важное практическое значение. Предложенный метод снижения уровня неоднородностей применяется в разработке и оптимизации современных конструкций тракта газового лазера.

Я считаю, что ее диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне, полученные результаты достоверны, являются новыми, выводы и заключения обоснованы. По своему объему и содержанию отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а Балабиной Т.Ю. достойна присуждению ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 «Механике жидкости, газа и плазмы».

Главный научный сотрудник ФГУП – "РФЯЦ – ВНИИЭФ"
доктор физико-математических наук
Дерюгин Юрий Николаевич

И. Балабина
10.03.2016

Почтовый адрес 607188, г. Саров, Нижегородской обл., пр. Мира, 37 ФГУП – "РФЯЦ – ВНИИЭФ"

Тел. 8 (83130) 2-90-29, E-mail: deryugin@vniief.ru

Организация – место работы: Федеральное государственное унитарное предприятие – "Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский Научно Исследовательский Институт Экспериментальной Физики"
web-сайт организации: <http://www.vniief.ru/>

Подпись и сведения Дерюгина Юрия Николаевича заверяю:
Ученый секретарь ФГУП – "РФЯЦ – ВНИИЭФ"
кандидат физико-математических наук
Бликов Антон Олегович

