

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических, профессора Михалевича Владислава Георгиевича на диссертационную работу Соколовской Юлии Глебовны «Лазерная оптико-акустическая диагностика неоднородных коллоидных растворов и композиционных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика»

Диссертационная работа Соколовской Ю.Г. посвящена лазерному оптико-акустическому исследованию структуры, оптических и акустических свойств неоднородных конденсированных сред.

Создание и развитие новых методов исследования физических свойств материалов всегда является актуальной задачей. В последнее время активно исследуются и находят применения взвеси, содержащие наночастицы. Такие среды разрабатываются, например, для медицинских применений для целевой доставки лекарственных средств в организм. Создаются и широко применяются в промышленности новые композитные материалы. Именно с ними связан прогресс в авиа- и ракетостроении, и в создании многих других видов новой техники. Появились задачи исследования структуры этих новых материалов, оценки их качества, а также дефектоскопии. Наряду с оптическими методами и рентгеноскопией, для указанных целей успешно используются методы лазерной акустики.

Научная новизна диссертационной работы Соколовской Ю.Г. определена постановкой новых задач и выбором материалов исследования. Она определяется и новыми научными результатами, полученными в ходе выполнения работы.

Во введении дана общая характеристика диссертационной работы, сформулированы задачи исследований, полученные результаты, защищаемые положения. Литературный обзор (Глава 1) дает адекватное представление о современном состоянии исследований и месте диссертационной работы в области лазерной оптоакустической диагностики.

В первой части работы (Глава 2) проведен детальный анализ лазерного возбуждения упругих волн в конденсированных средах на основе известных теоретических представлений. Определены возможности метода, условия и ограничения, учет которых позволяет решать поставленные в диссертации задачи. Именно глубокий анализ процессов, происходящих при лазерной генерации звука, позволил правильно выбрать параметры лазерного излучения и характеристики приемного акустического тракта для исследованных сред и провести количественные измерения исследуемых величин с заданной точностью. Этот анализ имеет большое методическое значение и заслуживает высокой оценки.

Третья глава посвящена исследованию экстинкции света в ферромагнитных жидкостях, представляющих собой коллоидные системы, состоящие из наночастиц магнетита, несущей жидкости и стабилизатора. Предметом исследования была пространственно-неоднородная структура указанных жидкостей. На основе развитого представления о том, что передаточная функция оптико-акустического преобразования является фурье-образом пространственного распределения тепловых источников в среде, а спектр возбуждаемого ОА-сигнала равен произведению спектра интенсивности лазерного излучения и фурье-спектра пространственного распределения поглощения

света, получено пространственное распределения коэффициента экстинкции лазерного излучения в исследованных средах и восстановлено пространственное распределение источников звука в среде. Обнаружено, что неоднородность распределения ферромагнитных частиц взвеси и коэффициента экстинкции лазерного излучения по глубине зависит от типа границы поверхности жидкости. В целом, из результатов работы следует, что пространственное распределение частиц магнетита, и, соответственно, коэффициента экстинкции света в магнитной жидкости определяется тремя основными факторами: существенное влияние на распределение частиц оказывает тип границы пространства, занятого жидкостью, наблюдается влияние объемной концентрации частиц магнетита в исследуемой жидкости, относительное изменение коэффициента поглощения лазерного излучения с глубиной зависит от типа несущей жидкости. Зарегистрировано изменение оптических свойств разбавленных ферромагнитных жидкостей со временем. При этом заметное изменение коэффициента экстинкции света наблюдалось уже на следующие сутки после разбавления. Предполагаемая агрегация со временем частиц в образцах подтверждена с помощью сканирующей электронной микроскопии.

Четвертая глава посвящена исследованию акустических свойств пористых углепластиков с использованием лазерного источника ультразвука с целью разработки методов количественной оценки их состава и пористости. Отмечены преимущества метода перед рентгеновской томографией и принятыми в настоящее время ультразвуковыми методами. Преимущество перед рентгеноскопией состоит в большей оперативности и возможности исследования конструкций без их вывода из эксплуатации. При этом рентгеновские и ультразвуковые методы могут выявлять участки с повышенной локальной пористостью, а также обнаруживать расслоения в композитах. Обоснованные и примененные в диссертационной работе методы неразрушающей диагностики пористости на основе лазерного возбуждения превосходят традиционные методики, использующие пьезоэлектрические излучатели ультразвука. Экспериментальным измерениям предшествовало теоретическое моделирование, связавшее пористость материала с его упругими и акустическими параметрами. Известно, что частотные зависимости коэффициента затухания и фазовой скорости акустических волн связаны между собой соотношениями Крамерса-Кронига. Затухание акустических волн в среде может быть вызвано поглощением, рассеянием или совокупностью этих двух механизмов. При этом соотношения Крамерса-Кронига должны выполняться независимо от особенностей конкретного физического механизма, приводящего к затуханию и дисперсии акустических волн в среде. В диссертации проанализирована точность выполнения соотношений Крамерса-Кронига для ограниченного диапазона частот, характерного для лазерного возбуждения звука, и методом широкополосной акустической спектроскопии выполнена экспериментальная проверка выполнения указанных соотношений в материале, в котором реализуется сразу два механизма потерь энергии акустической волны – рассеяние и поглощение. В качестве такого материала были выбраны углепластики – композиты на основе полимерной матрицы и углеродных волокон. Приближенные «локальные» соотношения для ограниченной частотной полосы получены из общих нелокальных соотношений при условии отсутствия резонансов затухания и дисперсии фазовой скорости акустических волн в исследуемой полосе частот. Экспериментально подтверждено, что для всех использованных образцов в исследуемом диапазоне частот справедливы локальные соотношения Крамерса-Кронига и их выполнение не зависит от

особенностей конкретного механизма уменьшения энергии исходной ультразвуковой волны при распространении в материале. Практическая ценность данного результата состоит в том, что использование локальных соотношений позволяет ограничиться измерением только коэффициента затухания или дисперсии фазовой скорости акустических волн в эксперименте, а для второй величины проводить расчет. Коэффициент затухания ультразвука на выбранной частоте также несет информацию о пористости материала. Следует отметить развитую в работе методику измерения пористости углепластиков при одностороннем доступе к образцу по измеренной величине его акустического импеданса (при известном значении импеданса для аналогичного по составу беспористого материала). Выводы подтверждены тестовыми экспериментами с контрольными образцами и сравнением результатов с данными рентгеновской томографии для различных участков каждого образца. Локальная пористость материалов ее неравномерность вдоль плоскости укладки слоев композита определена с поперечным разрешением 2-3 мм. Всесторонний теоретический анализ изученных процессов, реализация условий эксперимента, соответствующих выводам теории, адекватная экспериментальная техника, ее апробация на образцах с известными характеристиками, сравнение результатов с данными, полученными другими методами, убеждают в достоверности результатов диссертационной работы.

По диссертационной работе имеются замечания:

1. Характеризуя текст диссертации, отмечу, что основные формулировки должны быть точнее: так в пункте №1, в разделе научная новизна автореферата и тексте диссертации и в заключении к работе утверждается, что «неоднородность распределения коэффициента экстинкции лазерного излучения с глубиной зависит от типа акустической границы». Термин «акустический» здесь не уместен, в выводах нужно стремиться к максимальной точности утверждений.
2. В Главе 3 в качестве исследуемых объектов были взяты ферромагнитные жидкости на основе двух типов несущих жидкостей, воды и керосина. Поскольку существуют и используются также и другие типы ферромагнитных жидкостей, например, на основе трансформаторного и силиконового масел, то было бы целесообразно пояснить причины, по которым были выбраны указанные несущие жидкости.

Указанные в отзыве замечания не умаляют научного и практического значения работы. Диссертация Соколовской Ю.Г. является законченной научной работой, подтверждающей высокую научную квалификацию автора, её основные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.21 – «лазерная физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6

Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Соколовская Юлия Глебовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «лазерная физика».

Официальный оппонент:

Михалевич Владислав Георгиевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика», профессор, ведущий научный сотрудник Научного центра волновых исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (НЦВИ ИОФ РАН)

Тел.: +7 985 767 4735

mikhal@kapella.gpi.ru; slava.mikhalevich@yandex.ru

25 апреля 2022 г.

Михалевич В.Г.

адрес места работы:

119991, Москва, ул. Вавилова 38, Научный центр волновых исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (НЦВИ ИОФ РАН)

Тел. +7 (499) 503 8726

Электронный адрес: wrc@kapella.gpi.ru

<http://www.wrc.gpi.ru>

подпись ведущего научного сотрудника Научного центра волновых исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (НЦВИ ИОФ РАН) Михалевича Владислава Георгиевича заверяю:

Врио Директора НЦВИ ИОФ РАН

Лямшев М.Л.

25 апреля 2022 г.