

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Галева Романа Владимировича  
«Исследование процессов поглощения и преобразования лазерного  
излучения в твердых и жидкокристаллических сплошных средах»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 1.1.9  
«механика жидкости, газа и плазмы»

Взаимодействие лазерного излучения с конденсированными средами — это сложная междисциплинарная физическая проблема, включающая целый ряд механических, теплофизических, оптических и др. явлений. Оно играет важную роль во многих существующих технологических процессах, таких как лазерная обработка материалов, и может стать основой новых, прорывных технологий, направленных, в частности, на преобразование лазерного излучения и управление свойствами световых пучков. Одним из важных инструментов для повышения эффективности существующих и создания новых лазерных технологий, улучшения нашего понимания лежащих в их основе физических процессов является численное моделирование поглощения и преобразования лазерного излучения в сплошных средах, чему и посвящена диссертация Р. В. Галева.

Диссертационная работа включает, во-первых, разработку программного комплекса для моделирования взаимодействия света и вещества и, во-вторых, использование этого комплекса для решения ряда задач, в которых исследуется взаимодействие пучков лазерного излучения с твердыми телами и нематическими жидкими кристаллами.

Разработанный программный комплекс включает основанные на методе FDTD (Finite Difference Time Domain) программы для решения уравнений Максвелла в сложных пространственно-неоднородных и анизотропных средах, а также программы, использующие метод трассировки лучей для решения задач геометрической оптики. Реализованы эффективные алгоритмы численной генерации пучков с заданным распределением интенсивности и алгоритмы постановки неотражающих граничных условий методом PML (Perfect Matched Layer). Программы решения уравнений Максвелла распараллелены для проведения расчетов на многопроцессорных ЭВМ, в результате чего они позволяют проводить моделирование с высоким пространственным разрешением (в расчетах использовались сетки, включающие до 600 млн. узлов).

Разработан также код для совместного решения уравнений Максвелла и уравнений динамики жидкокристаллической сплошной среды.

Разработанные Р. В. Галевым расчетные коды применены им для численного решения ряда задач. Рассмотрены задачи, связанные с лазерной резкой, лазерным

сверлением и селективным лазерным спеканием. При решении двух последних задач впервые применен метод FDTD, что позволило учесть дифракционные эффекты, возникающие из-за того, что характерные размеры, присутствующие в задачах (диаметр отверстия на начальной стадии сверления, диаметры частиц металла и керамики при лазерном спекании) сравнимы с длиной волны падающего излучения. Выполненное моделирование позволило получить ряд важных результатов. Объяснены причины различного поведения металлических и керамических частиц при лазерном спекании, показано, что для получения правильного пространственного распределения поглощенного излучения необходим учет всех переотражений и поляризации падающего излучения. На основе полученных результатов дан ряд рекомендаций по повышению эффективности процессов лазерной обработки материалов.

Значительная часть диссертации посвящена моделированию воздействия лазерного излучения на жидкие кристаллы. Исследовано преобразование лазерного пучка, распространяющегося по оптоволокну, при взаимодействии с полостью, заполненной жидкокристаллической средой, играющей роль элемента управления оптоволоконной системой. Показано, что использование полости определенной формы позволяет существенно уменьшить рассеяние пучка и одновременно избежать его фокусировки.

Изучена возможность генерации «закрученного света» (оптических вихрей, пучков, несущих орбитальный угловой момент) с помощью жидких кристаллов с определенным ориентационным порядком. Полученная периодическая зависимость генерируемого углового момента от толщины слоя жидкого кристалла и силы дисклинации в распределении ориентации директора позволила предложить практический способ управления величиной углового момента оптического вихря путем изменения этих параметров.

Интересные результаты были получены Р. В. Галевым при численном моделировании взаимного влияния анизотропной сплошной среды и пучка лазерного излучения. Были воспроизведены такие нелинейные эффекты как отклонение пучка и его самофокусировка, изучены их особенности в случае узкого пучка излучения, когда неприменимо приближение плоской волны, показана возможность возникновения стохастических режимов при определенных поляризации и знаке диэлектрической анизотропии.

На мой взгляд, диссертация Р. В. Галева содержит значительный потенциал для дальнейшего развития исследований. Разработанные им программы могут быть использованы в таких областях как аэрооптика, в частности при моделировании прохождения света через турбулентный газовый поток, при изучении поведения жидких кристаллов, используемых как детекторы в аэрофизическом эксперименте, при численном моделировании течений жидкокристаллических сред, индуцируемых их взаимодействием с электромагнитным излучением, в других

задачах, находящихся на стыке механики сплошных сред и электродинамики.

В процессе выполнения диссертационной работы Р. В. Галев проявил себя как квалифицированный сотрудник, обладающий хорошей физической интуицией и всегда стремящийся разобраться в сути моделируемых явлений. Он является сложившимся специалистом в области численного моделирования процессов взаимодействия излучения с конденсированными средами, механики и оптики анизотропных жидкостей. Полученные в диссертации результаты опубликованы, в частности, в двух высокорейтинговых международных журналах, представлены на ряде конференций, доложены на семинарах в различных российских научных организациях. Считаю, что работа Р. В. Галева удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам он безусловно заслуживает присуждения искомой степени.

Старший научный сотрудник  
лаборатории вычислительной аэродинамики  
ИТПМ СО РАН, доктор  
физико-математических наук

Гудрявцев

13.02.2023

*Модина Кузьмевская*

*Ульянов Сергей ИИП.  
к.ф.м.н.*

*В. Красов*