

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Хоменко Максима Дмитриевича**  
«Сопряженные процессы теплопереноса, конвекции и формирования  
микроструктуры при лазерной наплавке с коаксиальной подачей  
металлических порошков», представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.03 –  
«Квантовая электроника»

Современный уровень развития лазерного аддитивного производства предъявляет повышенные требования к технологии создания деталей и качеству получаемых изделий. Численное моделирование является экономичным способом снижения количества дорогостоящих экспериментов необходимых для оптимизации технологии. Диссертационная работа Хоменко М.Д. посвящена численному моделированию явлений, происходящих при лазерной наплавке, понимание которых позволяет управлять процессом и находить необходимые параметры воздействия, что, безусловно, является актуальной задачей.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту, отраженные в автореферате являются достаточно обоснованными. Важным результатом является разработка самосогласованной модели процесса лазерной наплавки, учитывающей перенос тепла и кинетику фазовых превращений, а также позволяющей изучать эволюцию микроструктурных свойств наплавленного валика без использования многомасштабного подхода. Представлена гидродинамическая модель лазерной наплавки и ее численная реализация на основе открытого пакета вычислительной гидродинамики OpenFoam. Она позволяет планировать процесс, учитывая специфику лазерного воздействия при создании трехмерных деталей.

В ходе ознакомления с авторефератом возникли следующие замечания:

1) Из автореферата не ясно, почему угол смачивания не рассчитывается, а задается из эксперимента, и это выносится как одно из достоинств модели.

2) Способ определения коэффициента улавливания порошка на основе геометрии и размеров ванны расплава не является новым. Система уравнений, подобная предлагаемой автором, уже встречалась ранее: например, [Huan Qi, J. Mazumder. J. Appl. Phys. 100, 024903 (2006)].

3) Во второй главе представлены результаты расчетов поглощенной и рассеянной частицами доли излучения, которые зависят от местоположения частиц в пучке. Однако, остается непонятным, каким образом рассчитывались траектории полета частиц порошка, т.к., по-видимому, расчет газодинамических течений не выполнялся.

Приведенные замечания не снижают важности и высокой значимости полученных результатов, которые, безусловно, являются новыми и актуальными, а работа в целом выполнена на высоком научном уровне. Это подтверждается большим числом публикаций в известных зарубежных и отечественных журналах, докладами на конференциях высокого уровня.

Считаю, что диссертация Хоменко М.Д. соответствует всем требованиям, предъявляемым МГУ им. М.В. Ломоносова к кандидатским диссертациям, а соискатель Хоменко Максим Дмитриевич, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.03 – «Квантовая электроника».

Доктор физ.-мат. наук, профессор

Олег Борисович Ковалев

Почтовый адрес: 630090 г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1, ИТПМ СО РАН, лаборатория №9 «Физика плазменноточковых и лазерных процессов»

Телефон: +7(913)201-98-87

E-mail: [kovalev@itam.nsc.ru](mailto:kovalev@itam.nsc.ru)

Я, Олег Борисович Ковалев, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ 01.03 и их дальнейшую обработку.

Подпись Ковалева О.Б. удостоверяю  
Ученый секретарь ИТПМ СО РАН

Ю. В. Кратова