

ОТЗЫВ

официального оппонента Шкуринова Александра Павловича на
диссертационную работу Кубарева Виталия Владимировича
«Оптические системы, диагностика и эксперименты на терагерцевых и
инфракрасных лазерах на свободных электронах», представленную на соискание
ученой степени доктора физико-математических наук по специальности
01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

Диссертационная работа Кубарева Виталия Владимировича «Оптические системы, диагностика и эксперименты на терагерцевых и инфракрасных лазерах на свободных электронах» посвящена развитию техники генерации мощного электромагнитного излучения инфракрасного и терагерцевого излучения. Аппаратурной основой работы является техника генерации электромагнитного излучения на основе лазеров на свободных электронах (ЛСЭ). Диссертационная фундаментальная работа Кубарева В.В. направлена на разработку как источников излучения, так и на использование излучения этих источников для решения различных прикладных задач. Работа фундаментальная и принципиально важная для развития целого направления лазерной физики и технологии. Результаты исследований, которые включены в Диссертационную работу определили развитие целого направления исследований в нашей стране и за рубежом. Одновременно с представленной к защите работой Кубарева В.В. в США, Европе и в Японии проводились близкие по тематике исследования, которые, несомненно, определяли высокий конкурентный фон работы и высокий уровень исследований. Развитие техники ЛСЭ это огромное направление фундаментальных и технологических исследований, которые далеко выходит за рамки одной диссертационной работы. Целью данной диссертационной работы было достаточно стройное и ясное направление исследований - разработка оптимальных оптических систем для создания и транспортировки мощного излучения лазеров на свободных электронах терагерцевого и инфракрасного диапазонов, а также комплексная диагностика и использование этого излучения в различных экспериментах. Основная задача, которая решалась в рамках диссертационной работы потребовала обсуждения многих сопутствующих или близких проблем. Работа начинается с обсуждения эффективных аналитических методов расчёта процессов усиления потерь и коэффициента усиления в лазерных резонаторах открытого, волноводного

и гибридного типов. Это требуется для оптимизации конструкции оптических резонаторов ЛСЭ и после получения лазерной генерации измерения феноменологических параметров внутрирезонаторного излучения. Знание точных и рассчитываемых параметров излучения внутри резонатора принципиально важно для разработки методов расчёта пучков в каналах транспортировки излучения от ЛСЭ к рабочим станциям и проведения оптимизации конструкции самих каналов транспортировки и управления параметрами излучения в них. Задача разработки каналов транспортировки мощного излучения ЛСЭ в диссертационной работе решается комплексно – от расчетов до изготовления и полномасштабного измерения параметров пучков в этих каналах. Это несомненно важная и многогранная задача, которая потребовала также и разработать приборы для диагностики всех параметров излучения ЛСЭ терагерцевого и инфракрасного диапазонов, в том числе параметров излучения отдельных импульсов излучения. Это совсем непростая задача, которая потребовала создания специализированной научной школы квалифицированных студентов, аспирантов и сотрудников под руководством Кубарева В.В.. В диссертационной работе Кубарева В.В. видно рациональное совмещение теоретических исследований с экспериментальной проверкой результатов через проведение экспериментов с мощным перестраиваемым излучением ЛСЭ как технологической, так и исследовательской направленности. Вышесказанное доказывает, что тема диссертационной работы и тематика самих исследований актуальны. По теме диссертации опубликована 61 работа, из них 32 – в рецензируемых научных журналах, 29 – в трудах российских и международных научных конференций. Цитируемость трудов автора диссертации высокая как по отечественным, так и по международным базам данных.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Материал работы изложен на 321 страницах, включает 106 рисунков, 14 таблиц и список цитируемой литературы из 189 наименований.

Во Введении описаны уникальные возможности лазеров на свободных электронах (ЛСЭ), перечислены основные действующие в мире ЛСЭ терагерцевого и дальнего инфракрасного диапазонов. Отмечены уникальные преимущества Новосибирского лазера на свободных электронах (НЛСЭ) и его основное

предназначение как источника излучения Центра коллективного пользования. Далее описывается важность для ЛСЭ оптических резонаторов и каналов транспортировки излучения, дан краткий обзор в списке литературы методов расчёта этих устройств. Отмечается важность создания новых аналитических методов расчёта лазерных резонаторов и каналов, которые необходимы для их эффективной оптимизации при проектировании. Характерной особенностью работы в целом, которая обосновывается во введении к работе это несомненная важность развития методов диагностики излучения. Указано, что измерению и оптимизации параметров НЛСЭ, исследованию важных для НЛСЭ оптических материалов посвящены специальные эксперименты. Отмечается, что параметры НЛСЭ позволяют проводить на ней уникальные пользовательские эксперименты, часть которых представлена в диссертации. Во введении обсуждается актуальность поставленной научной задачи и перечисляются основные положения, выносимые на защиту. Эти положения проходят через всю диссертационную работу и на основании этих положений в конце работы делаются выводы по всему исследованию.

Первая Глава диссертационной работы посвящена разработанным автором новым аналитическим методам приближённого расчёта лазерных резонаторов различного типа. Важность развития этих методов очевидна и связана с тем, что расчет с использованием известных ранее электродинамических методов часто просто невозможен из-за сложной практической конфигурации используемых резонаторов. В преамбуле к первой главе описаны основные базисные принципы этих методов. В итоге выполненных описанных в первой главе диссертационной работы исследований разработаны методы аналитического приближенного расчёта оптических лазерных резонаторов трех основных типов - открытого, волноводного и гибридного. Разработанные методы позволяют рассчитывать основной параметр оптического резонатора – потери за круговой обход, используя аналитические выражения, параметрами которых являются геометрические размеры элементов резонатора. Рассматриваются погрешности вычислений и рассматривается их практическая применимость. Очень важно, что результаты предложенных методов имеют практическое применение. Первая глава диссертационной работы это фундаментальная часть всей работы. Теоретические

подходы, которые описаны в ней положены в основу расчета практических резонаторов. Теория расчета лазерных резонаторов развивалась задолго до начала выполнения данной диссертационной работы. Название первой глава достаточно общее «Аналитические методы приближенного расчета лазерных резонаторов». В этом названии не содержится специфики именно резонаторов ЛСЭ. Привязка к ЛСЭ непонятна и во введении к первой главе работы. Второй абзац на странице 10 введения к диссертации очень коротко описывает проблему расчета резонаторов как уже хорошо известную и разработанную. До начала изложения оригинального материала диссертации в главе 1 на странице 15 диссертации так и обозначена важность постановки теоретической части работы. Важность и актуальность этой части работы становится понятной из раздела «Научная новизна» автореферата на странице 5. Однако, в самой диссертационной работе этот раздел кажется достаточно необходимым.

Во Второй Главе диссертационной работы описано устройство и оптимизация различных оптических резонаторов на основе аналитических методов расчета, изложенных в главе 1. Методы аналитического приближенного расчёта использованы для расчёта, оптимизации и создания оптических резонаторов для четырёх ныне успешно функционирующих лазеров на свободных электронах и универсального сверхмалошумящего газового лазера с рекордными параметрами. Эта глава завершает «резонаторную» часть диссертационной работы и представляет собой целостную часть большой работы: от расчета источника до его реализации. Стоит заметить, что источник, на самом деле, не один, а три. Каждый из них работает в всем частотном диапазоне: терагерцовом, дальнем инфракрасном и инфракрасном. На самом деле, создание каждого из этих лазерных источников это отдельный фундаментальный труд и совмещение решения этих задач в одной работе представляет собой значимое научное событие. К недостаткам этой главы стоит отнести недостаточную информативность изложения материала. Аналогично первой главе диссертационной работы, во введении к главе на страницах 80-81 работы отсутствует четкая взаимосвязанная с Главой 1 и общей задачей исследования постановка задачи.

Третья Глава диссертационной работы посвящена каналам транспортировки излучения от Новосибирского лазера на свободных электронах

(НЛСЭ) к рабочим станциям. Задачей каналов является транспортировка с минимальными потерями излучения трёх НЛСЭ, находящихся в радиационно-опасном ускорительном зале, в безопасные помещения пользовательских станций. Для всех каналов выбрана открытая оптическая схема, имеющая наименьшие потери. Суммарная длина каналов превышает 120 м. Очень важно, что в результате многолетнего труда, в течение которого выполнялась работа, разработан простой метод оптического расчёта каналов транспортировки излучения от НЛСЭ к пользовательским станциям. С его помощью были рассчитаны, а затем созданы три транспортных канала открытого типа. Проведенные многочисленные измерения пучков излучения в различных местах этих каналов показали, как хорошее соответствие их распределений интенсивности предполагаемой гауссовой форме, так и близость экспериментальных и расчётных размеров пучков.

В Четвёртой Главе диссертационной работы описаны приборы и методы диагностики излучения НЛСЭ. Содержание этой главы во многом определяется тем, что на момент начала выполнения работы отсутствовали промышленные приборы для терагерцевого диапазона, а также спецификой измеряемого излучения НЛСЭ. Такой спецификой являются очень короткие (30 – 120 пс) импульсы излучения, которые могут быть весьма неповторяющимися в неустойчивом режиме. Поэтому для корректных измерений в этих режимах требуются сверхбыстрые (15 – 20 пс) методы измерения формы отдельных импульсов и методы измерения спектров излучения в отдельных импульсах. В результате выполнения этой части работы создан уникальный метрологический комплекс, не имеющий аналогов в мировой практике. Созданы различные приборы для измерения терагерцевого и инфракрасного излучения, многие из которых – несомненно оригинальные разработки. Все параметры излучения НЛСЭ измеряются с максимальной точностью при помощи наиболее прямых методов с минимальной обработкой. Кроме этого, для различных задач созданы разные оптимальные методики и приборы для измерения одного и того же параметра: мощности, спектра или распределения излучения. Комплексность метрологического подхода является основой построения описанного в работе метрологического комплекса. Измеряются наиболее важные параметры излучения – длина волны, энергия длительность и пространственное распределение. В работе

разработаны калиброванные ослабители. Эта глава может служить великолепным пособием для экспериментаторов в области терагерцового и инфракрасного излучения. В главе 2 диссертационной работы подробно описаны параметры НЛСЭ: таблица 2 весьма информативна. В главе 3 также видна необходимость подробных параметров. Однако, этого нет. Параметры достаточно сильно «размазаны» по тексту главы, а некоторые досадно отсутствуют. Например, параметры «сверхбыстрого детектора на диоде Шоттки» приведены достаточно скудно. Например, длительность импульсов НЛСЭ согласно таблице 2 Главы 2 указаны как 30-120 пикосекунд. Для измерения длительностей таких импульсов требуется использовать калиброванный приемник. Во втором абзаце на странице 170 диссертационной работы приведена оценка временного разрешения приёмника на базе диода Шоттки, которую уверенно нельзя считать достаточно количественной. Исходя из этого, измерения временных профилей импульсов НЛСЭ носят исключительно качественный характер и из рисунка 4.10 видно, что разрешение детектора недостаточно для разрешения тонкой временной структуры излучения.

Пятая глава диссертационной работы посвящена описанию экспериментов с излучением НЛСЭ. В эту главу, во-первых, включены диагностические эксперименты по определению основных лазерных параметров установки и режимов её работы, включая оптимизацию излучения 2-й и 3-й гармоник. Далее, это технологические эксперименты по определению оптических параметров принципиально важных для установки материалов. Наконец, это выборочные физические эксперименты, в которых демонстрируется и используется хотя бы одно из уникальных свойств излучения НЛСЭ: плавная перестройка длины волны в широком диапазоне, большая импульсная мощность, большая импульсная спектральная мощность, большая средняя мощность в непрерывном режиме излучения.

В заключении приведены основные результаты работы, которые полностью раскрывают содержание и суть заявленных во введении положений, выносимых на защиту.

Диссертационная работа Кубарева Виталия Владимировича «Оптические системы, диагностика и эксперименты на терагерцевых и инфракрасных лазерах на свободных электронах» это комплексный научный труд, имеющий несомненную значимость для всего российского и мирового научного сообщества. Создан уникальный прибор мирового масштаба с ведущим участием Кубарева В.В.. В тексте отзыва я указывал недостатки, свойственные отдельным главам диссертационной работы. Указанные недостатки носят скорее методически-рекомендательный характер и являются пожеланиями на будущее. Они не меняют существа достигнутых диссертантом результатов и их значимости.

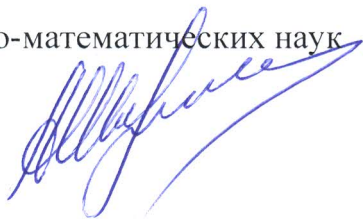
Автореферат диссертации полностью и адекватно отражает содержание диссертации. Все основные ее результаты опубликованы в реферируемых журналах. Результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Таким образом, из всего рассмотренного выше можно сделать вывод, что представленная диссертационная работа Кубарева В.В. является законченным научным исследованием и полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики и критериям, установленным в п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней». Автор диссертации Кубарев В.В., заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент:

Профессор Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

доктор физико-математических наук



Шкуринов Александр Павлович

Адрес: Россия, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ,
д.1, стр.2, Физический Факультет
телефон: 8(495) 9391753

e-mail: ashkurinov@physics.msu.ru

сайт: <http://www.phys.msu.ru>

Подпись **Шкуринова Александра Павловича** заверяю:

Декан Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
доктор физико-математических наук, профессор



Сысоев Николай Николаевич