

## Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Туранова Сергея Борисовича

«**Энергоэффективная адаптивная оптико-электронная система облучения**»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

### Актуальность работы

В настоящее время, одной из самых важных задач современной науки и техники, является разработка и внедрение ресурсоэффективных технологий, уменьшающих потребление электроэнергии, повышающих рентабельность производства и сохраняющих экологию. Учитывая, что на искусственное освещение в мире затрачивается около 20 % вырабатываемой электроэнергии в мире (по данным Международного энергетического агентства), внедрение энергоэффективных источников света в эту сферу будет иметь значительный экономический эффект. Максимально соответствующим современным требованиям к излучающим устройствам являются светодиоды. Однако, простая замена одних источников на другие не является решением проблемы ресурсоэффективности. Потенциал светодиодных источников гораздо более широк с точки зрения оптимизации эксплуатационных характеристик и построения интеллектуальных систем. Поэтому, диссертационная работа С.Б. Туранова по разработке универсальной энергоэффективной адаптивной оптико-электронной системы облучения является весьма актуальной и представляет научный и практический интерес. Области применения светодиодов охватывают уличное и внутреннее освещение, облучение растений и биологических объектов, световые технологии в промышленности и медицине. Подходы и технические решения, полученные в работе, могут быть применены в различных сферах деятельности, связанных с использованием светодиодных излучательных систем.

### Анализ содержания диссертации

Работа состоит из введения, 3 глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 101 наименование. Работа изложена на 144 страницах, содержит 13 таблиц, 65 рисунков и 3 приложения.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследования, отражена научная новизна работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор литературных, патентных и маркетинговых исследований по рассматриваемой научной проблеме. Приведен сравнительный анализ оптических приборов, используемых на сегодняшний день в промышленных технологиях

облучения и освещения. Описаны основные недостатки существующих традиционных газоразрядных и светодиодных оптических приборов и систем автоматического управления параметрами облучения.

Во второй главе описаны методики и результаты экспериментальных исследований, представлена разработанная исследовательская установка (ИУ) – фитотрон и облучательная установка (ОУ), разработанная для фитотрона. Обоснована и изложена разработанная методика расчета спектральных и энергетических характеристик ИУ «Фитотрон». В заключительной части главы рассмотрена возможность использования оптико-электронной системы в тепличном растениеводстве – одной из перспективных областей применения. Приведено экспериментальное обоснование и оптимизация наиболее эффективного динамического спектрально-энергетического режима облучения для выбранных тепличных культур.

Третья глава посвящена разработке оптико-электронной системы адаптивного облучения. Система в автоматическом режиме обеспечивает необходимое, оптимальное по спектру и достаточное по потоку излучение – самостоятельное или дополнительное к солнечной радиации. Она также учитывает уровень облученности от других источников излучения, температуру и влажности среды, время года и другие внешние факторы. Во второй части главы представлены результаты разработки энергоэффективного способа облучения вертикально расположенных объектов, применение которого позволяет снизить потребление электрической энергии облучательными установками на 15-20%, по сравнению с традиционными газоразрядными и светодиодными оптическими приборами, за счет оптимизации распределения облученности по поверхности объектов. Предложен способ проектирования светодиодного оптического прибора с использованием зеркальных отражателей специальной конструкции, обеспечивающих реализацию заданного распределения облученности.

В третьем разделе главы описаны результаты исследования параметров естественной облученности как функции времени. Показано, что спектральный состав солнечной радиации, на широте данной местности величина детерминированная. Следовательно, регулярный мониторинг спектрального состава излучения в системе облучательных установок не является необходимой функцией, несущей значимую информацию. При этом показана потребность постоянно отслеживать значения плотности потока солнечной радиации. Предложена комбинированная система управления, обратной связи и мониторинга текущих параметров на базе протокола DALI и ШИМ. Приведены результаты исследования спектров комбинационного рассеяния биологических объектов

методами Рамановской спектроскопии, как потенциально возможного информационного параметра для организации обратной связи.

Учитывая многофакторность зависимости результата процесса облучения растений, автором работы сформулированы основные подходы к формированию «базы данных» эффективных режимов облучения, необходимость создания которой очевидна, определены параметры и характеристики, включение которых в базу целесообразно.

В заключении обобщены результаты работы и сделаны выводы.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Защищаемые положения и основные выводы диссертации сформулированы на основе экспериментальных результатов, полученных в ходе выполнения диссертационной работы. Положения подтверждаются теоретическими расчетами и результатами моделирования, их согласованностью с результатами натуральных экспериментов, корректностью поставленных задач исследования, анализом литературы и использованием апробированных методов измерений. Полученные в работе результаты согласуются с литературными данными.

**Достоверность и обоснованность** полученных результатов подтверждается систематическим характером исследований, использованием современных приборов и методов измерений, соответствием данных, полученных из расчётов и экспериментов. Результаты носят непротиворечивый характер, взаимно дополняют друг друга и согласуются с современными представлениями о механизмах рассматриваемых процессов.

Основные материалы диссертации докладывались и обсуждались на конференциях международного и всероссийского уровня: XX юбилейная Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» (г. Томск, 2014 г.); IV Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике» (г. Томск, 2015); XI Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики» (Саранск, 2015); XIII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики» (Саранск, 2017); V Всероссийская конференция студентов элитного технического образования (г. Томск, 2014 г.); 13 Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (г. Томск, 2017); VII Международной научно-технической конференции

молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике» (г. Томск, 2018).

Следует отметить, что работы автора диссертации неоднократно отмечались дипломами на научных мероприятиях и выставках.

По теме диссертации опубликовано 26 печатных работ, из них 2 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, 6 статей в научных журналах, индексируемых международными базами данных Scopus и Web of Science, 18 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### **Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации**

Автореферат позволяет получить полное представление о содержании диссертации.

### **Научная новизна работы**

Результаты диссертационной работы Туранова С.Б. обладают несомненной новизной, которая заключается в следующем:

1. Разработаны научно-технические основы проектирования энергоэффективных адаптивных оптико-электронных систем облучения, обеспечивающих оптимальное по спектру и достаточное по потоку излучение с учетом следующих параметров: тип облучаемого объекта, время года, время суток, температура, влажность, координаты местоположения облучаемого объекта, спектральный состав и уровень естественной облученности.

2. Разработан оптический прибор, состоящий из симметричных светодиодных модулей, с использованием двух цилиндрических зеркальных отражателей в каждом модуле, позволяющий создавать равномерное облучение в перпендикулярном к оси оптического прибора направлении и обеспечивающий эффективный теплоотвод.

3. Разработана распределенная автоматическая масштабируемая система управления параметрами оптических приборов на основе использования интерфейса DALI и широтно-импульсной модуляции, позволяющая в 2,4 раза уменьшить потребление электрической энергии облучательными установками за счет управления, адаптации и оптимизации параметров облучения по сравнению с традиционными неуправляемыми системами облучения.

4. Предложен способ равномерного облучения вертикально расположенных объектов, позволяющий на 15-20% снизить потребление электрической энергии облучательными установками за счет оптимизации распределения облученности и снижения потерь на отражение от облучаемых объектов.

### **Теоретическая значимость работы**

Представленные в диссертационной работе результаты и выводы могут быть использованы при проектировании оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и систем освещения и способствуют дальнейшему развитию данного научного направления. Теоретическая значимость работы заключается в следующем:

1. Предложены научно-технические основы проектирования модульных энергоэффективных адаптивных систем облучения.
2. Предложен алгоритм расчета фотосинтетического фотонного потока, создаваемого оптическими приборами на заданной поверхности.
3. Показана возможность неинвазивного изучения биологических объектов и получения данных по их возрасту и составу на основе Романовской спектроскопии.

### **Практическая значимость диссертации и рекомендации по использованию полученных результатов**

Результаты диссертационной работы можно использовать для решения фундаментальных и прикладных задач в различных областях науки и техники, а практическая значимость работы заключается в том, что:

1. Научные и практические результаты работы использованы в АО «НИИПП» для организации сборочной линии и выпуска адаптивных оптико-электронных систем облучения.
2. Разработано программное обеспечение для расчета спектральных, энергетических и фито-характеристик облучательных установок. Данное программное обеспечение используется предприятием ООО «ФоТом».
3. Разработано техническое предложение на разработку энергоэффективных адаптивных светодиодных облучательных систем для закрытого грунта, которое используются предприятием ООО «Технологии Сибири» для изготовления тепличных облучательных установок.
4. Предложена методика оценки эффективности облучательных установок для закрытого грунта, которая используется предприятием ООО «Том Тэкс» для проведения энергоаудита своих тепличных комплексов.
5. Результаты диссертационного исследования использованы в образовательном процессе Отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий ТПУ (курсы «Основы светотехники», «Проектирование оптических приборов», программа повышения квалификации «Конструирование энергоэффективных световых приборов на основе светодиодов») направления «Оптотехника».

### **Соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует паспорту специальности 05.11.07 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» по областям исследований «Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для решения задач»:

- исследования и контроля параметров различных сред и объектов, в том числе при решении технологических, экологических и биологических задач;

- создания оптического и оптико-электронного оборудования для научных исследований в различных областях науки и техники.

### **Замечания по работе.**

При рассмотрении работы выявлены следующие замечания и недостатки:

1. Некачественное оформление рисунка 1.3.
2. На рисунках 1.11, 2.7 и 2.8 не указаны единицы измерения по осям абсцисс и ординат.
3. На страницах 38-42 не указаны обозначения переменных, используемых в формулах.
4. На странице 50 автор ссылается на рисунки 2.19-2.20, указанные рисунки отсутствуют в работе.
5. Глава 3.1.6 посвящена моделированию потерь света связанных с отражением излучения от поверхности облучаемых биологических объектов (листьев растений). Автор связывает это с совпадением спектральных характеристик облучателей и спектра отражения зеленого листа. На мой взгляд данные потери в первую очередь связаны с распределением света, а не спектральными характеристиками, что косвенно доказывается в главе 3.1.2-3.1.3.
6. В главе 3.2.1 приводятся результаты исследования зависимости параметров естественной облученности от времени, но описание данных результатов слишком краткое и не позволяет сделать выводы о том, для чего автор делал данное исследование.

### **Заключение.**

Изложенные выше замечания по работе не снижают ценности полученных соискателем результатов и значимости диссертационной работы в целом.

Проведённый анализ позволяет считать, что диссертационная работа Туранова Сергея Борисовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой

содержится решение задачи, имеющей существенное значение для создания новых оптических и оптико-электронных приборов. По содержанию, объёму, новизне, научной и практической значимости результатов, полученных в работе, считаю, что диссертационная работа Туранова Сергея Борисовича «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ АДАПТИВНАЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ОБЛУЧЕНИЯ» удовлетворяет требованиям п. 9-14, раздел II «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор, Туранов Сергей Борисович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

**Официальный оппонент:**

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, доктор физико-математических наук



**Юрий Михайлович Андреев**

634055 Томск,  
Академический пр.,10/3  
<http://www.imces.ru>  
+7 (382-2) 492-265  
[post@imces.ru](mailto:post@imces.ru)

Подпись Андреева Ю.М. удостоверение  
Ученый секретарь ИМКЭС СО РАН



**О.В. Яблокова**