

# Наука «СВЕТОТЕХНИКА» – её область применения и теоретические основы

Ю.Б. АЙЗЕНБЕРГ<sup>1, 2</sup>, В.П. БУДАК<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «ВНИСИ», Москва; <sup>2</sup> ООО «Редакция журнала «Светотехника», Москва  
E-mail: julian.aizenberg@mail.ru, budakvp@gmail.com

## Аннотация

В статье впервые вынесены на обсуждение две важнейшие проблемы:

1) проблема расширения толкования понятия «светотехника» с охватом не только области освещения, что стало сегодня международно общепринятым. Предлагаемое авторами расширенное понятие «светотехника» включает в себя все области применения оптического излучения (света): освещение, облучение, светотерапия, световая сигнализация, световая локация, световой дизайн и др.;

2) проблема развития теоретических основ «Светотехники». В краткой форме даны различия трёх существующих теорий о свете. Первая – квантовая теория, объясняющая все известные световые явления. Вторая – волновая теория, базирующаяся на положении о том, что свет распространяется волнообразным образом. Третья теория – лучевая, фотометрическая, базирующаяся на основах теории светового поля, которая является самой распространённой и простой для практических расчётов и моделирования.

**Ключевые слова:** освещение, облучение светом, светотерапия, световая локация, энергетика, световой дизайн, теория распространения света, квантовая, волновая, лучевая или фотометрическая

Становление и развитие прикладной науки «светотехника» происходило одновременно с началом внедрения и развития электрического освещения, составлявшего важнейшую часть второй индустриальной революции, ознаменовавшей переход от энергии пара к энергии электричества. С позиций сегодняшнего дня трудно переоценить внедрение в нашу жизнь электрического освещения – мы перестали зависеть от времени суток и смогли создавать комфортные условия для работы, учёбы и отдыха в любое время. Думается, не будет преувеличением сказать, что электрическое освещение во мно-

гом определило весь огромный научно-технический прогресс в XX веке.

Общим всемирно распространённым представлением о науке «светотехника» является представление о той достаточно важной, хотя и весьма узкой отрасли, исследующей все вопросы генерирования оптического излучения (света), его перераспределения в пространстве и применения, в основном, для освещения с целью создания зрительного образа, незрительного воздействия на человека и живые организмы, создания облучательных установок для растений, светотерапии и световой сигнализации.

Такое представление закреплёно в абсолютном большинстве документов, книг, журналов, существующих в настоящее время, в паспорте специальности «Светотехника» (05.09.07 ВАК РФ), в программах подготовки инженеров-светотехников всех вузов страны.

Посмотрите как называется международное научное объединение в нашей области – CIE, т.е. *Commite Internationale de Eclairage* (Международная комиссия по освещению, МКО). А вот как называются все наиболее авторитетные светотехнические журналы мира: «*Lighting Design + Application*» (США), «*Journal of Lighting*» (Великобритания), «*Lighting Research and Development*» (Великобритания), «*Lux*» (Франция), «*Beleuchtung*» (Германия), «*Svetlo*» (Чехия)

Но ведь «*Lighting*» означает освещение, так же, как и «*Beleuchtung*». Только такие журналы, как «*Leucos*» (США), «*Licht*» (Германия), «*Lux*» (Франция) и «*Light & Engineering*» (Россия) носят наиболее общие названия. Первые два из них также в качестве главенствующей рассматривают проблему освещения.

И это далеко не случайно. Столь большой значимости освещения для существования и развития человечества имеют крайне мало отраслей науки и техники. На освещение расхо-

дуются от 10 до 25 % от всей вырабатываемой в разных странах и городах электроэнергии. Без него невозможна культурная жизнь, производство и отдых людей, невозможно освоение мирового океана и космоса.

Однако внедрение в нашу жизнь электрического освещения потребовало развития методов расчёта СП, ОУ, методов измерения их характеристик, определения норм освещения для выполнения той или иной деятельности. Для этого была создана теоретическая модель света. Она опиралась на предшествующие достижения астрономической фотометрии [1, 2]. Фотометрия (др.-греч. *φῶς*, родительный падеж *φωτός* – свет и *μετρέω* – измеряю) – общая для всех разделов прикладной оптики научная дисциплина, на основании которой производятся количественные измерения энергетических характеристик поля излучения. А.А. Гершун заметил: «Слово «измерение» толкуется также в широком смысле этого слова, не сводя его к технике эксперимента, а понимая под этим всю совокупность теоретических и экспериментальных вопросов, связанных с количественным сравнением» [3]. Фотометрия Бугера-Ламберта основывалась на представлениях Кеплера о свете как совокупности лучей [4], поэтому эта модель получила название фотометрической или лучевой. Своё завершение модель получила в работах А.А. Гершуна в виде теории светового поля – области пространства, изучаемой с точки зрения происходящего в ней переноса лучистой энергии [3].

Развитие теории светового поля происходило одновременно с развитием электромагнитной (волновой) теории света, а позднее – квантовой электродинамики. Связь теории светового поля с волновой и квантовой природой света долгое время оставалась невыясненной, что определяло в физике отношение к ней как к сугубо приближённой, инженерной, прикладной. В работах конца XX века [5] эта связь была выявлена, что определило в физике наличие иерархии трёх теорий о свете. Самая высокая из них, объясняющая все известные на сегодня световые явления, – квантовая теория, основанная на представлении света как ансамбля фотонов [6]. Эта теория – самая абстрактная, что приводит к сложностям в интерпретации реальных измерений. Если число фо-

тонов в ансамбле очень велико, его движение можно описывать как волновой процесс, что, естественно, приводит к волновой оптике. В принципе [7], волновое и лучевое описания эквивалентны друг другу в области однородности волны: в каждой точке луч перпендикулярен волне. Поэтому, зная фронт волны в пространстве, всегда можно восстановить лучи и наоборот. Условием однородности (квазиоднородности) поля является малое изменение поля в масштабе длины волны. Если же фронт волны резко меняется в масштабе длины волны, то поле неоднородно и лучевое описание невозможно. Пример – дифракция света на малом отверстии.

Однако раскрытая связь трёх теорий о свете показала, что в границах своей справедливости каждая модель образует замкнутую теорию и ни в каких уточнениях не нуждается. Более того, надо признать, что фотометрическая, лучевая модель верна в подавляющем большинстве практических ситуаций, а отличия от неё проявляются в весьма тонких экспериментах. Сущность фотометрической модели светового поля сводится к 4 основным аксиомам [5]:

1. Световое поле представляет собой совокупность лучей произвольных направлений, по каждому из которых переносится световая энергия. При этом пространственно-угловой плотностью мощности переносимой энергии является яркость в точке светового поля по заданному направлению.

2. Лучи, приходящие в одну и ту же точку пространства независимы (некогерентны) между собой, что определяет отсутствие интерференции и аддитивность яркости в точке.

3. Постоянная времени и размеры приёмников излучения существенно больше периода и длины волны излучения, что позволяет в определении фотометрических величин использовать статистические моменты волнового поля.

4. Световое поле эргодично, что позволяет использовать средние по ансамблю, которыми оперирует статистическая оптика, для оценки средних по одной реализации, что мы имеем при реальных практических измерениях.

Теория светового поля существенно выходит за рамки техники освещения и служит языком описания практи-

чески любого технологического использования света. Поэтому масштабы светотехнической науки несравнимо крупнее только вопросов освещения, оптическое излучение используется также в: световой локации, обеззараживании питьевой воды и промышленных сточных вод, деаэрации, медицине, световом дизайне, солнечной энергетике и во многом-многом др.

А где границы исследований в области светотехники, и чем они условно отделяют светотехнику от оптики, лазерной техники, радиотехники и астрономии, например?

Светотехническая наука рассматривает перенос только некогерентного излучения на основе законов светового поля. И в этом основное, принципиальное отличие всех светотехнических исследований, разработок и практики их использования.

Цель и содержание светотехники – развитие науки о свете в рамках лучевых, фотометрических представлений и применения её результатов для комфортного освещения, а также в технологических целях, медицине. Светотехника – область науки и техники, предметом которой являются разработка способов генерации, пространственного перераспределения оптического излучения, а также его преобразование в другие виды энергии и использование в различных целях.

XXI век – век света. Область применений света непрерывно расширяется. Наличие единого международного научно-технического подхода позволяет рассматривать основополагающие теоретические и прикладные проблемы во всех сферах использования света с единых научных позиций. При этом «Светотехника» / «*Light & Engineering*» – единственный в мире журнал, в котором, наряду с проблемами освещения, рассматриваются проблемы использования света в технологических целях в рамках теории светового поля.

Современная светотехническая наука и практика базируются на основных положениях теории светового поля. Однако сегодня в связи с бурным прогрессом смежных областей знаний светотехнические установки становятся автоматизированными системами, состоящими как из источников света и СП, так и датчиков, реле и других элементов систем автоматизированного контроля и управления световой средой с учётом естествен-

ного изменения окружающего пространства (например, в тепличном хозяйстве, птицеводстве, системах обеззараживания воды и др.).

В настоящее время идёт изучение процессов и явлений зрительных и незрительных восприятий человека. Однако все они базируются на использовании света и их физической основой является теория светового поля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугер П. Оптический трактат о градации света. – М.: АН СССР, 1950.
2. Lambert, J. H., Photometria, sive de Mensura et Gradibus Luminis, Colorum et Umbrae. – Augsburg, 1760
3. Гершуин А.А. Избранные труды по фотометрии и светотехнике. – М.: ГИФМЛ, 1958.
4. Kepler J. Ad vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur... de modo visionis, & humorum oculi usu, contra opticos & anatomicos. Frankfurt: C. Marnius & Heirs of J. Aubrius, 1604.
5. Апресян Л.А., Кравцов Ю.А. Теория переноса излучения: Статистические и волновые аспекты. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат литературы, 1983.
6. Векленко Б.А. Природа фотона и квантовая оптика // Светотехника. – 2018. – № 1. – С. 7–14.
7. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – Изд. 2-е. Перевод с английского. – Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973.



**Айзенберг Юлиан Борисович**, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1954 г. МЭИ. Шеф-редактор журнала «Светотехника» / «*Light & Engineering*» и главный научный сотрудник

ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова». Действительный член Академии электротехнических наук РФ. Заслуженный изобретатель РФ



**Будак Владимир Павлович**, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1981 г. МЭИ. Главный редактор журнала «Светотехника» / «*Light & Engineering*» и профессор кафедры

«Светотехника» НИУ «МЭИ». Член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ