

# СВЕТО ТЕХНИКА

Специальный  
выпуск

Для детей и их родителей

О зрении и зеркале души

Самые длинные  
светильники

Лаборатория  
на колёсах



12+

# Друзья!

**П**ятый выпуск журнала «Светотехника» для детей и их родителей приурочен к знаменательному событию – Дню учителя. И это неслучайно! Ведь наш разновозрастный читательский клуб привлёк в свои ряды большое количество учителей! Физики, биологи, историки, географы не только поддерживают наше молодое издание своими доброжелательными отзывами, но и в сотрудничестве с нами делают его ещё более интересным и познавательным.

## ДОРОГИЕ НАШИ УЧИТЕЛЯ!

**П**оздравляем вас с праздником! Вы несёте миру Свет, освещая путь к познанию, обогащаете умственно и лично. Образование и культура, носителями которых вы являетесь, делают человека светлее, мудрее и добрее. Основы, которые закладываете, становятся фундаментом интеллектуального роста. Интерес, который развиваете, – трамплином для взлёта и выбора своего профессионального «Я».

В лучах вашего Света происходит зарождение человека и его профессиональной ориентации. Именно ваши ученики будут управлять миром завтрашним. Именно благодаря вам открываются тайны мироздания. Именно вы – в основе формирования человеческого разума.

Здоровья вам! Благополучия! И учеников – ярких, талантливых, неравнодушных!

*Профессор Люкс и Светознайка*



## УЧРЕДИТЕЛИ:

Академия электротехнических наук РФ  
Всесоюзный научно-исследовательский светотехнический институт (ВНИСИ)  
Национальный исследовательский университет «МЭИ»

## Шеф-редактор

Ю. Б. Айзенберг, д. т. н., проф., академик АЭН РФ

## Главный редактор

В. П. Будак, д. т. н., проф.; BudakVP@gmail.com

## Зам. главного редактора и научный редактор англоязычной версии

Р. И. Столяревская, д. т. н.; stoly@l-e-journal.com

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Г. В. Боос**, председатель редакционной коллегии, к. т. н., НИУ «МЭИ», Москва

**С. Г. Ашурков**, к. т. н., Москва

**М. Л. Белов**, д. т. н., проф., НИУ «МГТУ им. Н. Э. Баумана», Москва

**Т. Берген** (Tony Bergen), Технический директор Photometric Solutions International, Австралия

**Г. Бизяк** (Grega Bizjak), Люблянский университет, Словения

**Л. Билунд** (Lars Bylund), Bergen's School of architecture, Норвегия

**П. Р. Бойс** (Peter R. Boyce), Lighting Research Center, США

**П. Блаттнер** (Peter Blattner), Федеральный Институт Метрологии METAS, Швейцария

**В. ван Боммель** (Wout van Bommel), Philips Lighting, Нидерланды

**А. А. Богданов**, к. т. н., ОАО «ИНТЕР РАО Светодиодные Системы», С.-Петербург

**А. С. Букатов**, ГУП «Моссвет»

**Н. В. Быстрянцева**, к. арх., Университет ИТМО, С.-Петербург

**Л. П. Варфоломеев**, к. т. н., Москва

**Д. Вейтч** (Jennifer Veitch), National Research Council of Canada, Канада

**А. А. Григорьев**, д. т. н., НИУ «МЭИ», Москва

**С. Дарула** (Stanislav Darula), Academy Institute of Construction and Architecture, Словакия

**О. Е. Железникова**, к. т. н., МГУ им. Н. П. Огарёва, Саранск

**Е. А. Заева-Бурдонская**, канд. искусствоведения МГХПА им. С. Г. Строганова

**П. П. Зак**, д. б. н., проф., ИБХФ РАН, Москва

**Т. Казанасмаз** (Tugce Kazanasmaz), Измирский технологический институт, Турция

**А. А. Коробко**, к. т. н., МСК «БЛ ГРУПП»

**С. Мазумдар** (Saswati Mazumdar), университет Джадавпур, Индия

**Д. Н. Макаров**, к. т. н., ЗАО «Точка Опоры»

**Д. А. Мельников**, Министерство Энергетики РФ, Москва

**Э. Миллс** (Evan Mills), Lawrence Berkeley Laboratory, США

**Л. Г. Новаковский**, к. т. н., ООО «Фарос-Алеф»

**Й. Оно** (Yoshi Ohno), NIST Fellow, (Президент МКО в 2015–2019 гг.), США

**А. Т. Овчаров**, д. т. н., проф., ТГАСУ, Томск

**Л. Б. Прикупец**, к. т. н., ВНИСИ им. С. И. Вавилова, Москва

**Л. Р. Ронки** (Lucia R. Ronchi), Higher School of Specialization for Optics, University of Florence, Италия

**А. А. Рябцева**, д. м. н., проф., МОНИКИ, Москва

**А. К. Соловьёв**, д. т. н., проф., НИУ «МГСУ», Москва

**К. А. Томский**, д. т. н., проф., СПбГИКИТ, С.-Петербург

**П. Торнс** (Peter Thorns), Zumtobel Grup, Австрия

**Г. Циссис** (Georges Zissis), университет Тулузы, Франция

**А. Г. Шахпаруняц**, к. т. н., генеральный директор ВНИСИ им. С. И. Вавилова, Москва

**Н. И. Щепетков**, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

## РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

## Генеральный директор

Н. С. Шерри; sherri@bl-g.ru

## Старший научный редактор

Т. В. Мешкова; mtv@l-e-journal.com

## Научный редактор

С. Г. Ашурков; ashurkov@l-e-journal.com

А. Ю. Басов; basov@bl-g.ru

## Выпускающий редактор

П. А. Федорищев; fedorishchev@gmail.com

## Зав. редакцией

М. И. Титаренко; titarenko@l-e-journal.com

## Стилист английской версии

М. Д. Виноградова

## Секретарь редакции

Е. А. Булгакова; bulgakova@l-e-journal.com

## Дизайнер-верстальщик

А. М. Богданов

## Контент-менеджер

Е. С. Серый

КОРРЕСПОНДЕНТЫ ЖУРНАЛА  
В ДРУГИХ СТРАНАХ

## Аргентина

Пабло Икстайна (Pablo R. Ixtaina), Национальный технологический университет Ла-Платы;

## Франция

Георг Циссис (Georges Zissis), университет Тулузы;

## Индия

Сасвати Мазумдар (Saswati Mazumdar), университет Джадавпур;

## Словения

Грега Бизяк (Grega Bizjak), Люблянский университет;

## Турция

Турге Казанасмаз (Tugce Kazanasmaz), Измирский технологический институт;

Эрдал Шехирли (Erdal Sehirlili), университет Кастамону;

Ренгин Юнвер (Rengin Unver),

Технический университет Йылдыз (Стамбул)

## АДРЕС РЕДАКЦИИ:

129626, Москва, проспект Мира, 106, ВНИСИ, оф. 327.

Тел.: +7 (495) 682-26-54,  
+7 (499) 706-80-65.

Тел./факс: +7 (495) 682-58-46.

E-mail: info@l-e-journal.com

Интернет: <https://l-e-journal.com/>

Электронная версия: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Перепечатка статей и материалов из журнала «Светотехника» — только с разрешения редакции.

За содержание и редакцию информационных материалов ответственность несет источник информации.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.

## ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

Экскурсия в музей «Огни Москвы» ..... 4

## ИСТОРИЧЕСКАЯ МИНИАТЮРА

В память о героях битвы подо Ржевом ..... 8

## СВЕТОТЕХНИКА КАК ПРИЗВАНИЕ

Путь оптика ..... 10

## ПЫТЛИВЫЕ УМЫ

Лаборатория на колёсах ..... 14

## ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ СВЕТОТЕХНИКА

Беспилотники на службе народного хозяйства ..... 18

Самые длинные светильники ..... 22

## СВЕТ И ПРИРОДА

О зрении и зеркале души ..... 28

## СВЕТ И ЗДОРОВЬЕ

Как ультрафиолетовое излучение уничтожает вирусы и микробы и помогает победить коронавирус ..... 32

Рабочее место школьника ..... 38

## ЭКОНОМИКА ОСВЕЩЕНИЯ

«Ветер, ветер, ты могуч!» Покоряем воздушные потоки ..... 40

## ПРОВЕРЬ СЕБЯ

Подумай и реши ..... 42

Светотехническая викторина ..... 44

## СВЕТ ПРЕОБРАЖАЕТ

Город как произведение искусства ..... 46

## ВИРТУАЛЬНАЯ СВЕТОТЕХНИКА

Учимся проектировать оптику в программе Photoria ..... 50

## СТРАНИЧКА ДЛЯ МЛАДШИХ БРАТЬЕВ И СЕСТЁР

Из тьмы во свет или что такое световая адаптация (сказка) ..... 58

Эксперименты ..... 60

Кроссворд для самых маленьких ..... 62

## ТВОРЧЕСТВО НАШИХ ЧИТАТЕЛЕЙ

Стихотворения ..... 64

Рисунок Полины Киселёвой ..... 65

Краткий словарь терминов ..... 66

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «СВЕТОТЕХНИКА» ДЛЯ ДЕТЕЙ И ИХ РОДИТЕЛЕЙ

### Руководитель проекта

Н. С. Шерри

### Главный редактор

А. Ю. Басов

### Специальный корреспондент

Е. С. Серый

### Художник

А. Г. Лукашова

### Журналист-корректор

Н. И. Смагин

Сдано в набор 23.09.20. Подписано в печать 08.10.20.

Формат 60×88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Печ.л. 10,5. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии ООО «ВИВА-СТАР» 107023, Москва, ул. Электrozаводская, д. 20

# ЭКСКУРСИЯ В МУЗЕЙ «ОГНИ МОСКВЫ»

**Профессор Люкс знает о свете практически всё: как работает лампа накаливания, какой спектр у Солнца, как сконструировать светильник. Однако иногда память его подводит. Чтобы освежить в памяти историю уличного освещения города Москвы, а также показать Светознайке всё то, о чём он ему рассказывал, профессор решил направиться в храм света – музей «Огни Москвы». Об этом удивительном путешествии и расскажем наши герои.**

**М**узей «Огни Москвы» расположен практически в самом сердце Москвы – в Армянском переулке. Уже находясь в скверике перед зданием музея, вы начинаете погружаться в старинную эпоху, когда искусственный свет воспринимался не иначе, как чудо. Гостей встречают старинный масляный, керосиновый и электрический фонари.

Музей работает с 1980 года, однако зданию, в котором он находится, лет намного больше – практически четыре сотни. Дом был построен в XVII веке и принадлежал богатому человеку – Ивану Ипполитовичу Протопопову, который служил при царе Алексее Михайловиче.

Экскурсия начинается с первого этажа здания, где раньше находились хозяйственные помещения. Попастъ сюда можно, спустившись вниз по лестнице, так как за 400 лет культурный слой увеличился на два с лишним метра, первый этаж (подклет) превратился в полуподвал. В этих помещениях хранили припасы на зиму, инструменты. Как же в XVII веке здесь можно было что-то разглядеть в тёмное время суток? Попробуем предположить, что для освещения домов в Средневековье москвичи могли использовать факелы. Но мы знаем, что в основном дома тех времён были деревянными, и применять факелы для освещения было небезопасно. Поэтому по вечерам зажигали свечи, но это был довольно дорогой источник света. Восковые свечи могли себе позволить только очень богатые люди и то в праздничные дни. Чаще их использовали в церквях во время богослужений: по канонам другие применять было не положено. Более популярными были свечи, изготовленные из сала, но они были очень некачественными: сильно коптили, на них постоянно образовывался нагар, который приходилось снимать с помощью специальных щипцов. Однако и такие свечи могли позволить себе далеко не все горожане. Поэтому в повседневной жизни люди использовали лучины – тонкие длинные щепки сухого дерева, которые вставляли в специальную подставку – светец – и поджигали. В те време-



на, конечно, ещё не было спичек. Поэтому для высекания искры, чтобы разжечь огонь, использовали огниво. Ух ты! Вот – лучина, а вот – огниво. Давайте зажжём эту щепочку и перенесёмся в XVII век! Как же люди могли что-то разглядеть при таком тусклом свете? А женщины ещё и пряли пряжу. Не понимаю...

С освещением средневековых домов мы разобрались. А существовало ли какое-нибудь искусственное освещение на улицах? При наступлении темноты москвичи из дома без особой необходимости старались не выходить: можно было встретить лихих людей, то есть разбойников. Выходя во двор, приходилось брать с собой свечной фонарь. Такая картина была в Москве вплоть до 1730 года, когда императрица Анна Иоанновна велела установить на улицах масляные фонари. Такие фонари ставили на расстоянии около



20 метров друг от друга. Фонарные столбы окрашивали полосами, белой и серой краской, чтобы москвичи хотя бы не бились в темноте лбами о столбы, так как светили фонари очень тускло. Внутри фонаря помещалась плошка с конопляным маслом, в которое опускали фитиль. Масла должно было хватать до полуночи, однако оно было вкусным, поэтому некоторые фонарщики его подворовывали. Чтобы прекратить воровство, в масло стали добавлять скипидар. Горючая жидкость стала вонючей, в кашу уже такую



не зальёшь. Уличные фонари зажигали по специальному осветительному календарю. Освещение не производилось в мае, летом и в лунные ночи, так как луна и звёзды светили ярче городских фонарей.

Иногда всё же в Москве можно было наблюдать яркий свет по вечерам. Происходило это по праздникам, когда в городе устраивали иллюминации, состоящие из огромного числа разноцветных стаканчиков (шкаликов), которыми украшали Кремль, Большой театр, многочисленные храмы. Проблема заключалась в том, что если шёл дождь, снег, дул сильный ветер, то шкалики гасли, вечерний город терял праздничный вид. Москва вновь погружалась в полумрак. Такая картина сохранялась вплоть до середины XIX века и изменилась только с появлением керосинового освещения.

Керосиновые лампы, которые вместо масляных установили в уличных московских фонарях в 1863 году, давали силу света 8–10 свечей, поэтому можно было уже разглядеть в темноте не только силуэт человека, но и его наряд. Изобретением керосиновой лампы мы обязаны двум польским аптекарям Яну Зеху и Игнацию Лукасевичу.

Что же представляет собой керосиновая лампа? Она состоит из резервуара с керосином, над которым находится горелка с фитилём. Сверху надевается стеклянная трубка, которая обеспечивает тягу воздуха, то есть доступ кислорода к огню.

Новый вид освещения сделал Москву краше, стали популярными вечерние прогулки по городу. Керосиновые лампы использовали не только для освещения улиц. Ими подсвечивали витрины магазинов, освещали квартиры.

Практически одновременно с керосиновыми лампами в 60-ые годы XIX века появились газовые фонари. Крепили их уже не на деревянных, а на металлических столбах, так как внутри колонны проходил газопровод. Фонарщики зажигали фонари так же,



как мы сейчас зажигаем газовую плиту: просто нужно было подняться вверх по лестнице к горелке, повернуть кран и поднести спичку. В конце XIX века конструкция фонарей была усовершенствована: для включения либо выключения газового фонаря не нужно было подниматься к нему по лестнице. Стоило только фонарщику длинным шестом повернуть кран, как фонарь начинал светить. Газовое освещение в Москве распространялось не очень быстро, так как многие жители города боялись ядовитости газа и возможных взрывов. Некоторые были в недоумении: «Как может гореть воздух без фитиля? Колдовство!».

В 1880 году на некоторых московских улицах можно было по вечерам наблюдать странную картину. Собиралась толпа людей, некото-



Практически в это же время другой русский инженер Александр Николаевич Лодыгин представил широкой публике изобретённую им лампу накаливания. Это была стеклянная колба с угольным стержнем внутри, который при включении электричества раскалялся и ярко светил. Американский изобретатель Томас Эдисон через несколько лет внёс свои изменения в конструкцию лампы, чтобы она стала более практичной. Благодаря ему появился цоколь, который до сих пор используют при производстве ламп. Нить накаливания в первых лампочках изготавливали из угля. Чуть позже Александр Николаевич Лодыгин предложит использовать для изготовления нити накаливания тугоплавкие металлы: вольфрам, осмий, молибден.

рые держали в руках газеты. Как по волшебству вдруг загорался яркий ослепительный свет, и все начинали аплодировать. Так москвичи встретили появление электрического освещения. Первые электрические лампы называли электрическими Солнцами. Распространению этого вида освещения мы обязаны нашему соотечественнику Павлу Николаевичу Яблочкову, который создал лампу очень простой конструкции. В 1876 году изобретатель догадался расположить два угольных стержня – электрода – параллельно друг другу, разделив их изолятором. При подаче напряжения между углями возникала электрическая дуга, которая давала ослепительный белый свет. Напоминала собой лампа по форме свечу, только электрическую. Хватало такой свечи на несколько часов. В то время это было великим изобретением, поэтому «Русский свет», так называл Яблочков свою лампу, получил очень широкое распространение: электрические фонари стали загораться в Нью-Йорке, в Париже, в Лондоне и других городах.



В 1883 году Россия закупила в Америке 3500 лампочек накаливания для устройства иллюминации по случаю коронации императора Александра III. Вечером 15 мая 1883 года на колокольне Ивана Великого в Кремле впервые вспыхнуло множество электрических огней. С того момента постепенно электричество начало распространяться в городе, начали появляться электростанции.



Революционные события 1917 года привели к тому, что света в городе практически не стало, Москва погрузилась вновь во мрак. Однако в 1920 году Владимир Ильич Ленин принял план электрификации всей страны (ГОЭЛРО). С этого момента электричество проникает в квартиры и дома, где начинают загораться лампочки накаливания. В 1933 году с московских улиц исчезли навсегда газовые и керосиновые фонари. Город стал освещаться только электрическими лампами, производство которых было налажено на Московском электроламповом заводе. Однако фонарщикам приходилось тратить много времени, чтобы включить все рубильники и осветить вечерний город. Перед самым началом Великой Отечественной войны

в Москве создали централизованную систему управления наружным освещением города. Она позволяла включать или выключать фонари в городе за одну секунду. Такая система была необходима для обеспечения светомаскировки в военное время и сыграла большую роль в том, что Москва практически не пострадала от вражеских бомбёжек во время войны.

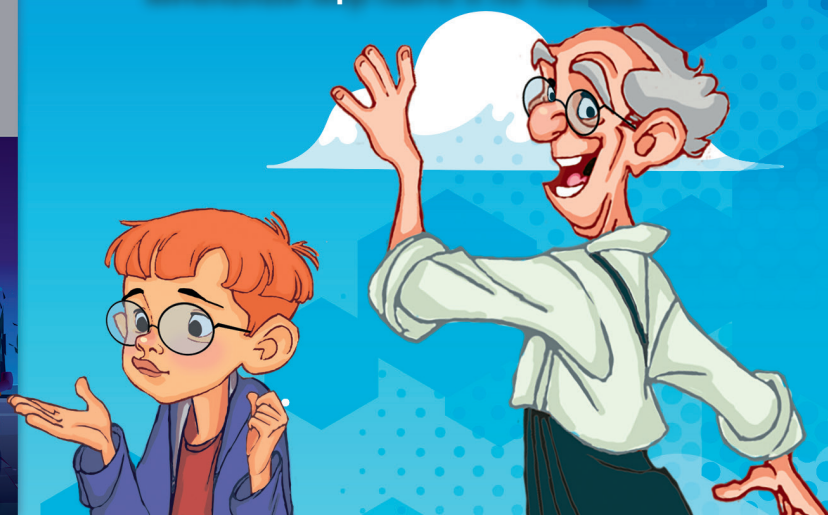
После окончания войны появляются новые более совершенные и экономичные разрядные лампы – ртутные, люминесцентные, – о которых вы уже не раз читали на страницах нашего журнала. Им на смену пришли лампы натриевые, которые и сегодня горят на многих дорогах Москвы.

Вот так, наши юные читатели, с годами менялся не только облик столицы нашей Родины, но и освещение московских улиц. Сегодня мы с вами живём в век светотехнической революции, когда натриевые светильники уступают своё место светодиодным.

Как же замечательно, что есть в Москве такой чудесный музей, в котором можно прочувствовать запах горячей лучины, окунуться в те времена, когда люди были практически вынуждены при наступлении темноты заканчивать рабочий день. Сейчас освещение воспринимается как что-то обыденное, однако час, проведённый в музее, позволяет оценить, насколько появление качественного освещения повлияло на развитие не только одного города, но и человечества в целом.



Журнал «Светотехника» для детей и их родителей – это детское научно-популярное издание о свете и светотехнике. Мы позиционируем его как детское Приложение к научному журналу «Светотехника» с почётным званием старейшего (журнал непрерывно издается с 1952 года), входящему во все международные наукоёмкие базы данных. Богатейшие традиции, представительный международный состав редакционной коллегии – гарантия качества материалов. В простом и доступном изложении погружаем в удивительный мир света и не только!





# В ПАМЯТЬ О ГЕРОЯХ БИТВЫ ПОДО РЖЕВОМ

**30 сентября 2020 года в Ржевском районе Тверской области состоялось торжественное открытие Мемориала Советскому солдату, в котором приняли участие президенты России и Беларуси Владимир Путин и Александр Лукашенко. В этот день президент РФ произнёс следующие слова: «Ржевский мемориал – ещё один символ нашей общей памяти, символ преклонения перед великим и самоотверженным подвигом солдата-героя, солдата-освободителя, солдата-победителя, солдата, который спас Европу и весь мир от нацизма. Время не властно над этим подвигом, и он никогда не должен, не может быть забыт и уж тем более затёрт, замазан ложью и фальсификациями. Мы тако-го не допустим». Свою роль в создании этого памятника культуры, конечно, сыграли и светотехники. Подробнее – в материале начальника отдела пресс-службы Граник Ирины Владимировны.**

**М**емориал Советскому солдату возведён на месте ожесточённых сражений 1942–1943 годов. Кровавые бои по периметру Ржевско-Вяземского выступа продолжались 14 месяцев. Проведённые войсками Западного и Калининского фронтов наступательные и оборонительные операции ценой огромных потерь имели огромное стратегическое значение для достижения перелома в пользу Красной Армии на всём советско-германском фронте. Идея о том, что необходим величественный памятник, посвящённый героям Ржевской битвы, родилась у ветеранов Великой Отечественной войны и была горячо поддержана руководством РФ и Беларуси, Министерством культуры РФ, Правительством Тверской области, Музеем Победы.

Специалисты из ООО «СветоПроект», подразделения международной светотехнической корпорации «БЛ ГРУПП», выполнили основные работы по созданию светового решения для мемориала. На начальном этапе по заданию заказчика ФГУП ЦНРПМ и по согласованию с авторами проекта мемориала была откорректирована ранее разработанная компанией «1L Group» концепция освещения комплекса, подготовлена рабочая документация архитектурного и ландшафтного освещения, проведены светотехнические расчёты, пересмотрены яркостные параметры, выполнен подбор осветительного оборудования, разработаны конструкции для его установки.

Главная задача, которая была поставлена светотехникам – создание неповторимой выразительности памятника. Специалисты «СветоПроекта», по всеобщему признанию, с честью с ней справились.

Центральная фигура мемориала – памятник солдату – заливается управляемым белым светом спроектированных светодиодных прожекторов концентрированного светораспределения. Приборы установлены в четырёх местах на антивандальных конструкциях за обходной аллеей кургана. На этих же конструкциях расположены зенитные прожекторы, которые должны работать в праздничные дни. Прожекторы обеспечивают на поверхности памятника яркость до 30 кд/м<sup>2</sup> и позволяют создать необходимую динамику нарастания света по памятнику снизу вверх. Использование осветительных приборов управляемого света позволило подобрать цветность белого света в зависимости от освещаемых частей фигуры – слегка «утеплить» грудь и лицо солдата при общем более холодном освещении. С целью создания соответствующего визуального эффекта – вознесения со стаяй журавлей фигуры солдата – в мощение с лицевой стороны у основания памятника установлены дополнительные светодиодные прожекторы управляемого белого света.

У подножья кургана, на котором расположен памятник, на памятной плите с венком в качестве завершающего и связующего элемента световых линий излома мемориальных стен создаётся дополнительный световой акцент в виде пламени. Имитация пламени осуществляется светодиодной диммируемой лентой красного цвета.

Впечатление от мемориала должно усиливаться по мере приближения к нему со стороны площади. Для решения этой задачи излом мемориальных стен памятника подчёркнут красным цветом встроенных в мощение линейных светодиодных светильников,

что создаёт эффект сужающегося при движении к памятнику коридора. При этом мемориальные стены памятника, выполненные из кортеновской стали, целиком освещены мягким тёплым светом.

В ходе работы над проектом большое внимание было уделено созданию системы управления осветительной установкой. Спроектированная система управления позволила не только подобрать оптимальные оттенки света осветительных приборов, но и обеспечить режимы работы архитектурного и ландшафтного освещения: повседневный, праздничный, ночной. Каждый режим создаёт свой неповторимый образ. Праздничный режим – яркий и торжественный с включёнными зенитными прожекторами. Повседневный – приглушённый, контрастный, усиливающий световой акцент на журавлях, поднимающих ввысь фигуру солдата. Ночной – камерный, мягкий красный цвет стелется по аллее у подножья памятника.

Своими впечатлениями о ходе реализации проекта освещения рассказали его непосредственные участники:

Валентина Хаметова, главный инженер проекта: «Объект был очень ответственным, и отношение к нему – соответствующее».

Тамара Лукина, главный специалист по световым решениям: «Удивительное композиционное решение памятника обязывало нас передать идею авторов проекта. Задача архитектурного освещения – создание эмоционального настроения. Это было достигнуто применением светодиодных прожекторов с изменяемой цветностью источников света, чтобы добиваться необходимого светового оттенка. В результате при холодном заливающем освещении получился тёплый образ солдата».

Юрий Богдановский, руководитель автоматизированной системы управления: «Задача была достаточно сложная для АСУ: подобрать нужный

оттенок, не зная заранее самой фактуры памятника, какой он будет. И было принято решение применить светильники и прожекторы с возможностью управления светом. Были проложены сети, которые позволяют донести сигнал управления от центрального сервера к каждому светильнику. Всё это обрабатывается и хранится в памяти контроллеров».

Анастасия Беляева, ведущий инженер-проектировщик: «Подобрано три режима работы. Первый – праздничный, то есть самый торжественный, яркий. Он усиливается лучами зенитных прожекторов, которые скрещиваются над головой фигуры солдата. Основной, повседневный режим – более приглушённый, более контрастный, за счёт этого более выразительный. Третий режим – ночной. Мягкий, бархатный красный цвет стелется по аллеям у основания памятника».



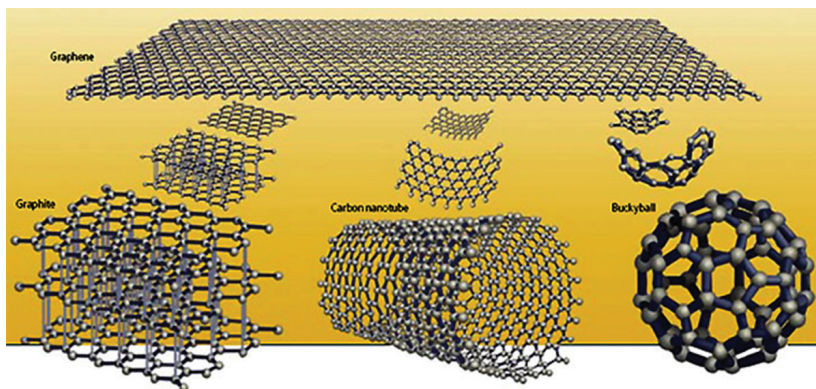
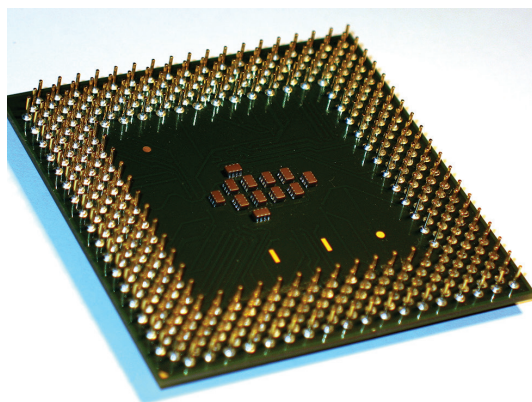
# ПУТЬ ОПТИКА

**Стремительное развитие светодиодных источников света привело к необходимости создания новых способов перераспределения света в пространстве. В ногу со временем идут и наши отечественные разработчики. О необходимых знаниях, навыках и тонкостях профессии мы пообщались с разработчиком оптических элементов Алексеем Пожидаевым.**

**– Алексей, расскажите о своих студенческих годах.**

– Свой студенческий путь я начал в Российском технологическом университете МИРЭА по специальности «Микроэлектроника». В эти годы я получил много знаний по физике полупроводниковых структур, физической химии, квантовой физике. Про-

цесс обучения был довольно сложным. На третьем курсе я перешёл на специальность «Нанотехнологии в электронике». Однако процесс обучения стал ещё более тяжёлым, и нагрузки там было гораздо больше. Однако это дало значительную базу знаний в физике твёрдого тела, в физике полупроводников, которые я использую и по сей день.



**– С чем была связана ваша выпускная квалификационная работа?**

– На 5–6 курсе, как и полагается, я занимался написанием выпускной квалификационной работы. Я попал в медицинскую лабораторию «Биоспек» Института общей физики. Лаборатория занималась разработкой спектрометров и оборудования для лечения онкологических заболеваний. Фотодинамическая терапия – основной метод, который использовался для этих целей. Механизм довольно простой: в тело вводился препарат, который на-

капливался только в опухоли. В дальнейшем этот препарат активировался с помощью лазера. В основном таким образом лечилась кожная онкология или, например, онкология пищевода: в этом случае лазерное излучение попадало в необходимую область с помощью световода.

**– Что происходило дальше с этим препаратом?**

– Фотосенсибилизатор – вещество, которое вводилось, – при облучении определённой длины волны выделяет синглетный кислород, что разруша-



ет ткани опухоли. В дальнейшем опухоль исчезает. Метод довольно действенный, и его история уходит в глубокое прошлое, когда в качестве фотосенсибилизатора использовались некоторые виды растений, которые активировались, например, от солнечного излучения. За время работы над своей выпускной работой в этой лаборатории я получил опыт использования и спектрометров, и измерительной техники, и лазеров, и полупроводниковых ламп. Было действительно интересно!

**~ Как развивалась карьера в дальнейшем?**

– Я начал работать в компании, которая занималась разработкой компонентов для светодиодных светильников. Это был стартап (временная структура, направленная на поиск и реализацию масштабированной бизнес-идеи – прим. ред.) с небольшим количеством людей. На дворе стоял 2009 год. На тот момент корпусированные светодиоды в России стоили очень дорого, и их мало использовали в светильниках. Идеей нашей компании было корпусировать не светодиоды, а сами диоды – полупроводниковые кристаллы – уже на плате.

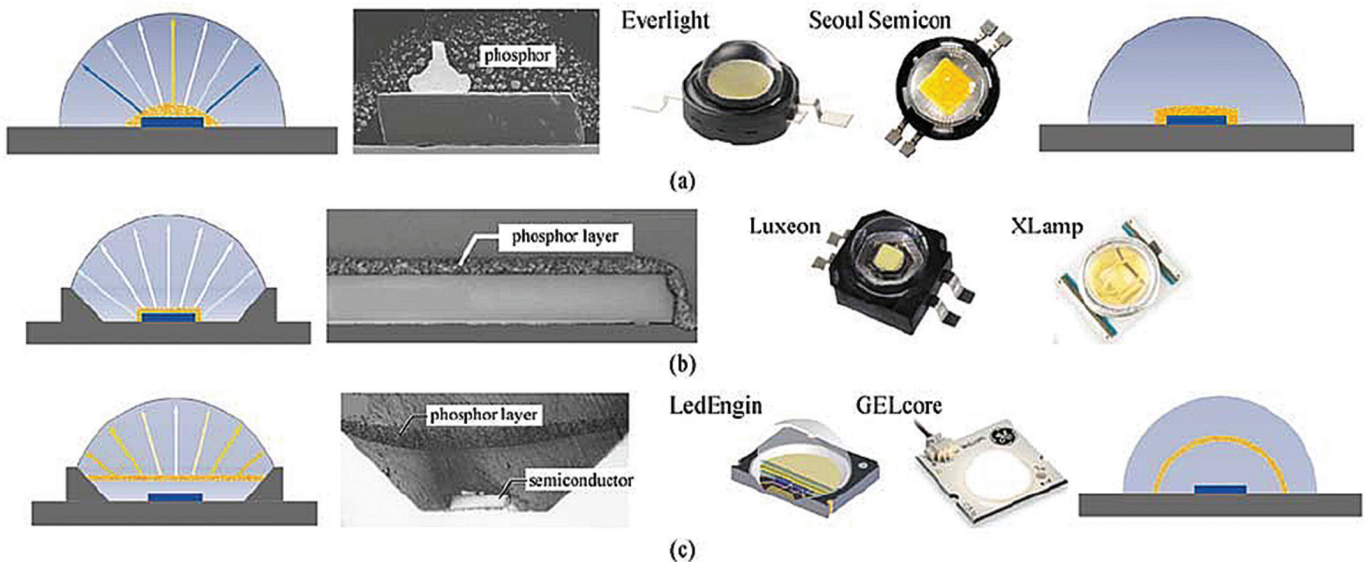
**– Расскажите подробнее о процессе корпусирования.**

За время работы я достаточно неплохо разобрался в этом процессе, который заключается в установке полупроводникового кристалла в корпус. В нашем случае для первичной посадки диода на плату диод требовалось разварить. У диода есть два контакта, которые необходимо соединить с дорожками на плате. У некоторых диодов один из контактов находится сверху. Чтобы соединить его с какой-либо дорожкой на плате, необходимо

разварить его золотым проводком. Сам разварочный аппарат представляет собой керамический капилляр, в котором находится золотая проволока. Проволока оплавляется разрядом, капилляр приближается к контакту диода, и он разваривается. Я делал это вручную на опытном производстве. На наших заводах в Азии, конечно, диоды разваривали автоматически. В дальнейшем диоды корпусировались с помощью линзы. В объёме линзы (в полусферическом поднутрении, которое являлось светящимся телом) был люминофор. На сегодняшний момент в большинстве диодов люминофор нанесён на поверхность диода, и светящееся тело получается маленьким. Поэтому тогда было намного сложнее сфокусировать исходящее излучение, чем сейчас.

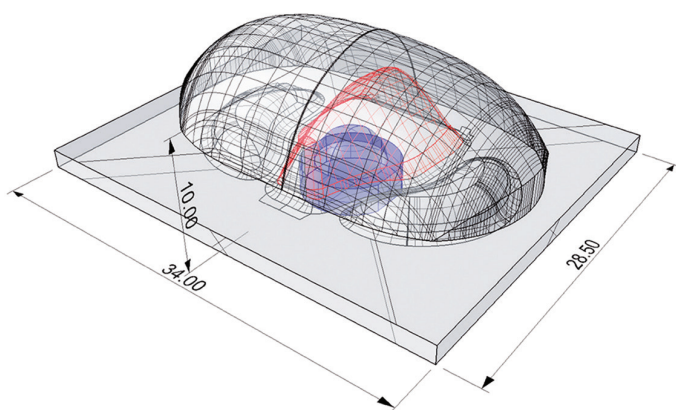
**– В чём заключалось преимущество корпусирования непосредственно на плату? Можно ли назвать стартап успешным?**

– Так как кристалл распаивался непосредственно на плату, это давало возможность минимизировать затраты на корпусировку. У нас было много интересных проектов. Я не помню, чтобы какая-то другая российская компания на тот момент делала такие светодиодные модули, как мы. С экономической точки зрения это было дешево и эффективно, поскольку у нас был полный цикл: мы устанавливали диоды, изготавливали собственную оптику. В результате у нас получался светодиодный модуль, который любой производитель светодиодных светильников мог устанавливать у себя в изделии. В этой компании я получил огромный опыт по исследованию люминофоров, силиконов, полупроводниковых кристаллов различных производителей.



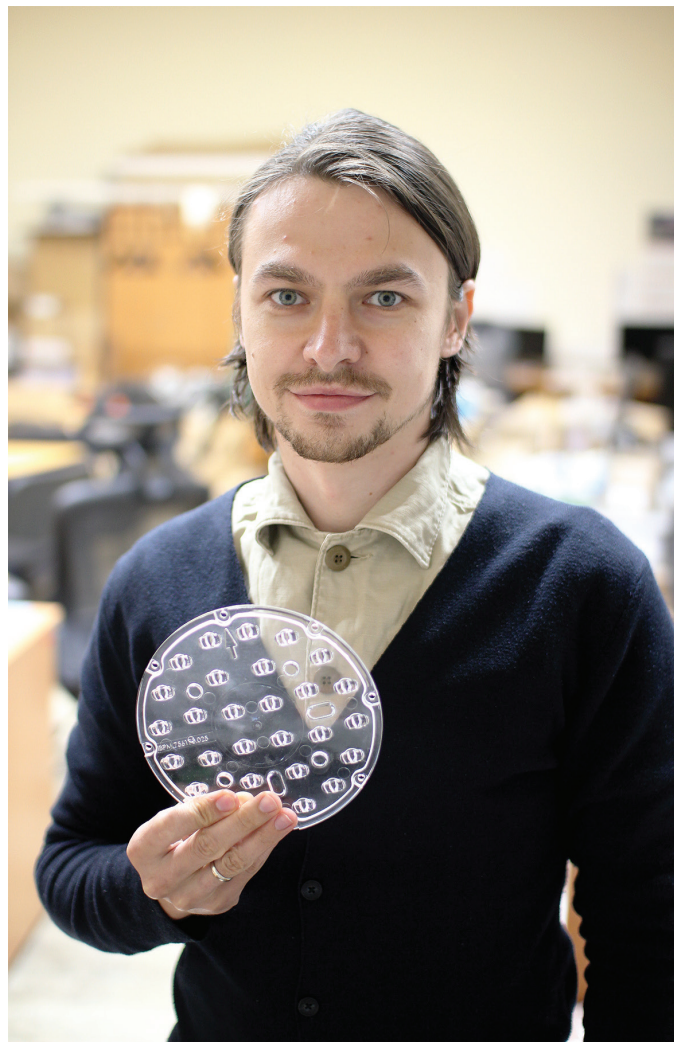
**– Что произошло с компанией впоследствии?**

– Произошла реинкарнация. Мы начали заниматься разработкой оптики для уличных светильников, хотели создать свой уличный светильник. На сегодняшний день для производства оптических элементов для светодиодов большинство компаний использует поликарбонат, акрил, ПММА. Мы хотели использовать и запатентовать инновационный материал – один из сополимеров. Одним из его преимуществ был другой коэффициент преломления, нежели у остальных материалов, а также другие оптические характеристики. Но проект оказался неудачным.



**– Чем занимаетесь сейчас?**

– С 2014 года я работаю в Международной светотехнической корпорации «БЛ ГРУПП». Занимаюсь разработкой оптических элементов, оптики и всех частей в светильнике, которые могут повлиять на распределение света от светодиодного светильника. Масштабы и уровень компании позволяют мне,



наконец, воплотить в жизнь весь опыт и знания, которые были получены за время обучения и работы в предыдущих компаниях. Мы являемся не только разработчиками, но и производителями оптических элементов – наша оптика отливается на заводе в городе Лихославле в Тверской области. Оптику я проектирую для светодиодных модулей, которые также производятся нашей корпорацией. В компании работают специалисты различных направлений, которые знают практически всё о свете, поэтому мой профессиональный уровень растёт с каждым днём.

**– Можете дать какой-нибудь совет молодому поколению?**

– Желая всем юным читателям журнала всегда оставаться любознательными и жадными до новых знаний. Мы никогда не можем предугадать, какие знания нам пригодятся, а какие окажутся невостребованными в будущем. Обучаясь по специальности «Нанотехнологии в электронике», я и не представлял, что найду интересы в разработке оптических элементов, поэтому советую слушать своих преподавателей очень внимательно на любых предметах.



**Безопасность, уют и комфорт  
Светосервис-Кубань создаёт!**



# ЛАБОРАТОРИЯ НА КОЛЁСАХ

**Как обеспечить безопасность на городских автодорогах и скоростных трассах? Первое, что приходит в голову, – установить знаки дорожного движения, светофоры, нанести разметку, уложить надёжный асфальт. Ничего не забыли? Конечно, ещё потребуется качественное освещение, обеспечивающее установленные нормы. Главные характеристики, по которым оценивается качество освещения на дорогах, – это уровни освещённости и яркости дорожного покрытия. Именно от них зависит, успеет ли водитель заметить пешехода, поворот или встречный автомобиль.**

**В нашем материале мы подробнее остановимся на яркости дорожного покрытия. Каким образом можно контролировать яркость? Рассказывают – сотрудник лаборатории мобильных средств измерений ИЦ ВНИСИ Вячеслав Александрович Панин, заведующий лабораторией мобильных средств измерений ИЦ ВНИСИ Михаил Александрович Федорищев.**

**Н**еобходимое среднее значение яркости дорожного покрытия должно устанавливаться на стадии проектирования очередной скоростной трассы или обычной городской автодороги. Однако реальное значение яркости дорожного покрытия может не соответствовать заявленным характеристикам по каким-либо причинам или снизиться в процессе эксплуатации. Поэтому необходимо систематически измерять и контролировать данный показатель.

Каким же образом это можно осуществить? Раньше использовался очень продолжительный и малоэффективный метод измерения, которому

чаще всего сопутствовала высокая погрешность измерений. По договорённости с дорожными службами перекрывался определённый участок дороги, после чего специалист выходил на проезжую часть, устанавливал яркомер (прибор для измерения яркости) на штатив и проводил измерения в 30 точках на каждой полосе. Звучит довольно просто, однако в реальности всё намного сложнее. Измерение необходимо проводить с высоты 1,5 м, при этом угол между дорогой и направлением «наблюдения» яркомера должен составлять приблизительно  $1^\circ$  – именно под таким углом видит дорожное полотно



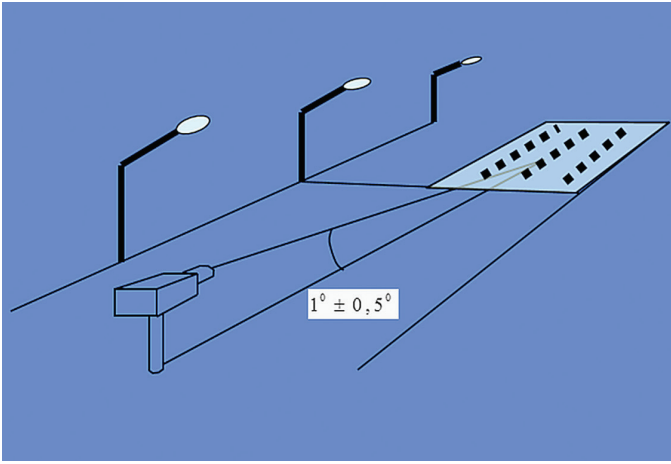


Рисунок 1. Положение яркомера при измерении яркости дорожного покрытия

среднестатистический водитель (рисунок 1). Таким образом, нацелить яркомер нужно было в точку на дорожной поверхности, находящуюся примерно в 60 метрах от яркомера. Такая практически «снайперская» задача может быть выполнена истинным светотехником не только с хорошим зрением, но и развитой выдержкой, ведь поле зрения измерительного прибора составляет всего 2 минуты (то есть  $1/30$  градуса).

Ещё одна проблема, особенно актуальная для российских реалий, заключается в том, что исследование нужно проводить на сухом, ровном дорожном покрытии, которое уже «накатано», то есть находится в эксплуатации не менее полугода.



Рисунок 2. Яркомер LS-160 (в правом верхнем углу кружочком обозначено поле, средняя яркость которого измеряется)

Наверняка тебе стало интересно, что из себя представляет яркомер. Яркомер — фотометрический прибор для измерения яркости. Класси-

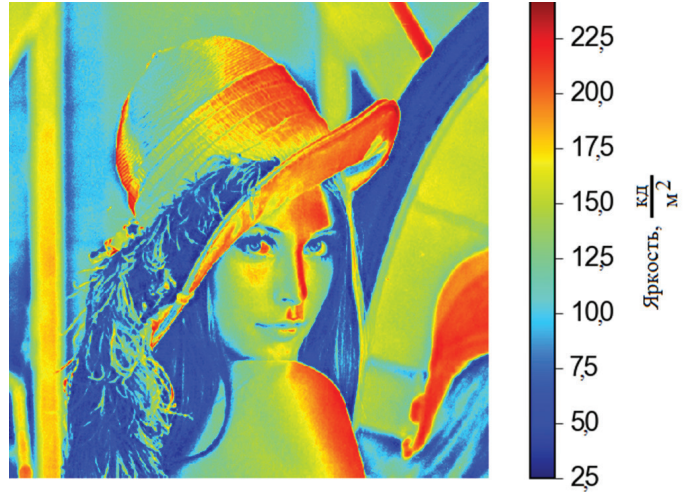


Рисунок 3. Яркостное изображение в псевдоцветах

ческие приборы показывают среднее значение яркости некоторого поля, свет с которого при попадании на светочувствительную поверхность преобразуется в электрический сигнал, величина которого и говорит нам о среднем значении яркости поля (рисунок 2). Современные яркомеры на основе матричных приёмников позволяют зарегистрировать не среднюю яркость некоторого поля, а получить яркостное изображение — практически цифровую фотографию, каждый пиксель которой будет содержать информацию о яркости соответствующего участка поля. Такие яркостные изображения принято представлять в виде картинок в так называемых



Рисунок 4. Яркомер CS-200

псевдоцветах, где каждому цвету пикселя соответствует значение яркости согласно некоторой шкале (рисунок 3). Многие из таких приборов внешне практически невозможно отличить от привычной нам «зеркалки» или видеокамеры (рисунок 4).





Рисунок 5. Мобильная лаборатория ВНИСИ

Как ты понял, старая методика была трудоёмкой, продолжительной по времени, локальной и весьма неточной. Поэтому сотрудники Всесоюзного Научно-Исследовательского Светотехнического Института (ВНИСИ) решили упростить и ускорить процесс измерений, при этом не про-



Рисунок 6. Положение яркомера в мобильной лаборатории

играв в точности измерений. Уже несколько лет для этого используется мобильная лаборатория, которая курсирует по ночным трассам и проводит измерения яркости (рисунок 5). Так как необходимо проводить измерения исключительно яркости, создаваемой искусственными источни-



Рисунок 7. Пример яркостного изображения, которое получается в результате проведения измерений на мобильной лаборатории

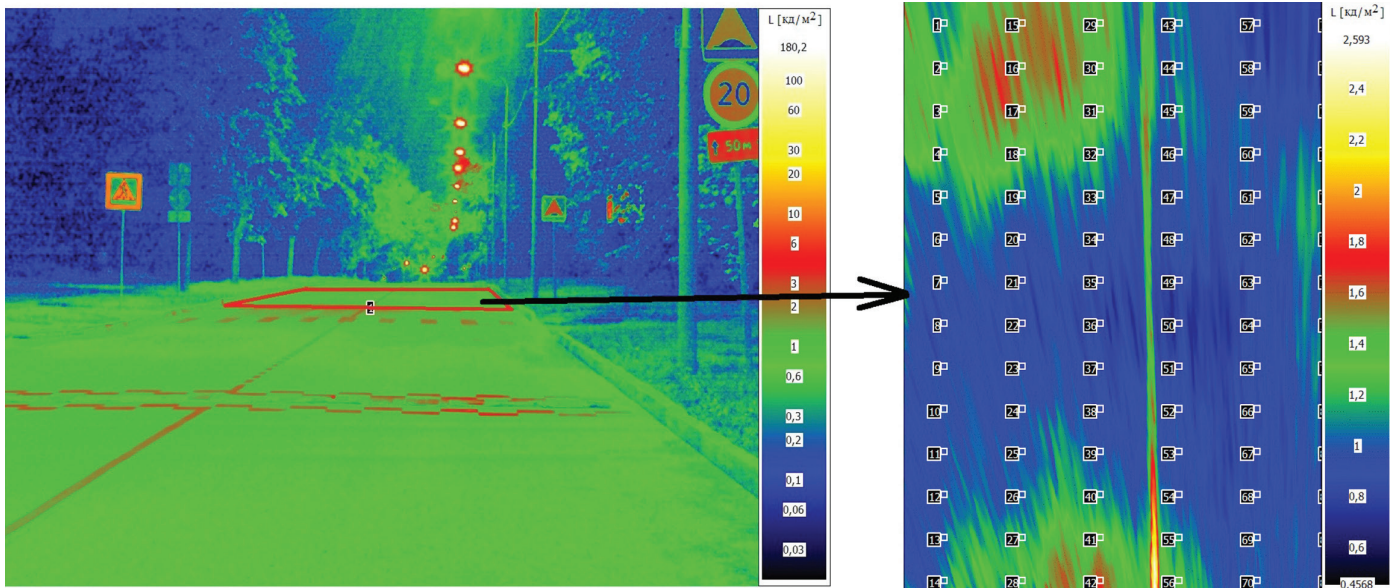


Рисунок 8. Процесс обработки яркостного изображения, полученного в результате проведения измерений на мобильной лаборатории

ками света, и плотность трафика в крупных городах постепенно снижается только поздним вечером, измерения приходится проводить поздней ночью – что не сделаешь, чтобы подтвердить, что освещение обеспечивает безопасность на дорогах!

Алгоритм проведения измерений следующий: яркомер с матричным приёмником устанавливается на «торпеде» автомобиля, что соответствует высоте 1,5 м над уровнем дороги (рисунок 6). Далее оператор мобильной лаборатории подключает к измерительному прибору ноутбук, оборудованный необходимым программным обеспечением и GPS-модулем. Мобильная лаборатория готова к измерениям! Машина движется со скоростью  $\leq 60$  км/ч, яркомер формирует яркостные изображения, делая примерно 1 снимок в секунду, а ноутбук также фиксирует время каждого кадра и координаты автомобиля при помощи GPS-модуля.

Полученные изображения (рисунок 7) выгружаются на компьютер, а затем тщательно обрабатываются и анализируются. Конечно же, это происходит уже на следующий день – такую важную работу необходимо делать только на «свежую голову». 30 значений яркости, которые раньше получали в результате проведения 30 измерений, теперь можно получить из одного изображения, выделив 30 областей и найдя их среднюю яркость. Для проведения такой обработки было написано специальное программное обеспечение, которое в полуавтоматическом режиме позволяет выделить 30 участков на дороге, которую оператор пред-

варительно «обводит» в программе вручную (рисунок 8).

Таким образом, процесс измерения яркости дорожного покрытия стал быстрее и проще. Теперь нет необходимости перекрывать дорогу и осуществлять нацеливание в каждую точку вручную. Однако требуется грамотно выбрать время измерений, чтобы уровень естественного освещения составлял не более 10 % от искусственного, а количество машин было как можно меньше, потому что свет от движущихся автомобилей негативно влияет на корректность результата.

Если в результате измерений выявлено несоответствие яркостных характеристик дорожного покрытия регламентированным значениям, то ответственным структурам выдаются рекомендации по исправлению сложившейся ситуации. Часто причины несоответствия можно обнаружить невооружённым глазом: например, расстояние между опорами слишком большое или высота опор («столбов») слишком маленькая.

Теперь вы знаете, что свет на трассах под контролем. Становитесь светотехниками и делайте наши города ещё более безопасными и комфортными!



# БЕСПИЛОТНИКИ НА СЛУЖБЕ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

**Беспилотные летательные аппараты, которые также называют дронами или беспилотниками, сегодня стали известны многим как дорогостоящая игрушка или шпионская техника вооружённых сил. Однако большинство людей даже не подозревают, насколько широко используются дроны в различных отраслях хозяйства и каким набором уникальных функций они обладают. О том, как беспилотники меняют современный мир, рассказывает профессор, доктор технических наук Катаев Михаил Юрьевич.**

**Н**икому не известна точная дата запуска первого беспилотного летательного аппарата, однако некоторые источники утверждают, что их история началась в 1849 году, когда австрийцы выпустили 200 беспилотных воздушных шаров против Венеции. Полномасштабное же использование дронов началось только в XXI веке благодаря техническим и экономическим достижениям.

Беспилотные авиационные системы (БАС) – это авиационные системы без человека-пилота на борту. Они включают в себя беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые являются платформой для сбора данных, технические средства запуска, устройства контроля управления и разнообразное программное обеспечение. При использовании дронов применяется современное программное обеспечение: дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR), искусственный интеллект (AI), 3D-моделирование и Интернет вещей (IOT).

Технологии «Интернета вещей» способны собирать данные с роя БПЛА в общий компьютерный центр или передавать информацию другим устрой-

ствам, что ускоряет процесс измерений, обработки и получения необходимых данных для принятия решений.

БАС используют для осмотра территории с помощью измерительной техники, работающей в ультрафиолетовой, видимой, инфракрасной и микроволновой областях спектра. Такие измерения обходятся дешевле традиционных инспекций, а также проходят намного быстрее и безопаснее.

БАС делают работы, традиционно проводимые на земле человеком, более эффективными и информативными. БАС применяются во множестве направлений энергетики, коммунального, лесного, сельского, автодорожного, водного, железнодорожного хозяйств, нефтегазовой отрасли, а также перевозке грузов и многих специфических областях – военных и спасательных миссиях, археологии и даже доставке еды! Как правило, это самые опасные, грязные, скучные или, наоборот, простые (монотонные) задачи.

Давайте подробнее рассмотрим, в каких сферах можно эффективно использовать БПЛА.





Рисунок 1. Рой БПЛА при обследовании территории ЛЭП

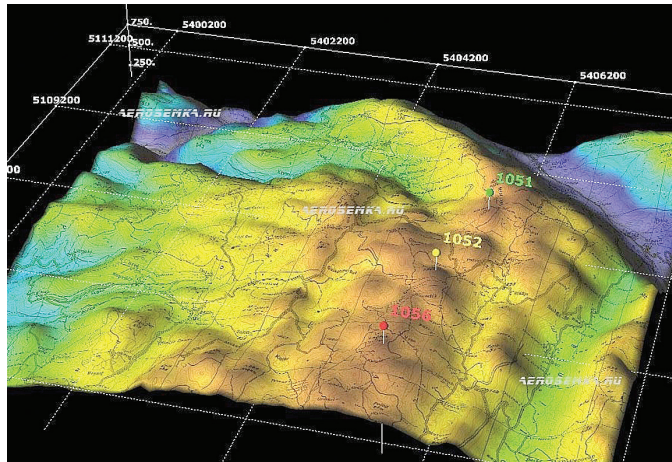


Рисунок 2. Использование БПЛА для построения трёхмерной модели поверхности

## Энергетика

Мировой спрос на энергию неуклонно растёт. Сотрудникам энергетической отрасли БПЛА позволяет проводить мониторинг состояния существующих энергетических объектов (линий электропередач, подстанций и других технических объектов) и исследовать новые территории для планирования инфраструктурных проектов энергетики.

БПЛА выручают при подготовке к строительству энергетических объектов – картографическая информация, полученная с беспилотников, гарантирует быструю и точную оценку объёма работ. Как правило, исследуемая территория весьма обширна, поэтому возникает потребность сразу в нескольких дронах. Получается, что приходится управлять целым роем беспилотников (рисунок 1)! Систематические «рейды» БПЛА позволяют отследить прогресс строительства, зарастание или заболачивание территории линий электропередачи (ЛЭП).

Для измерений используются самые разнообразные технологии: фотографические системы, работающие в разных спектральных диапазонах; радары; сканирующие лидары (лазерные устройства для измерения расстояния от БПЛА до поверхности земли); инфракрасные датчики и многое другое. Полученные данные помещаются в географические информационные системы (ГИС), где проводится 3D-моделирование для планирования и оценки объёма работ.

Для пространственного анализа территории также применяются компьютерное зрение, «Интернет вещей», технологии искусственного интеллекта: дополненная или виртуальная реальность (AR/VR). Например, с помощью инфракрасных камер выявляются любые тепловые отклонения, незаметные нево-

оружённым глазом, а компьютерное зрение позволяет обнаружить коррозию на оборудовании ЛЭП.

## Сельское хозяйство

Согласно прогнозам, население планеты Земля к 2050 году составит 9 млрд человек! Это приведёт к росту производства продуктов питания на 60–70 % относительно 2010 года. Однако масштабное выращивание сельскохозяйственных культур вызывает проблемы изменения климата. Чтобы обеспечить население продуктами, не навредив природе, необходима оптимизация и автоматизация производства. Здесь на помощь вновь приходят беспилотные летательные аппараты и сопутствующие им технологии.

Чтобы эффективнее использовать имеющиеся земли, последние 10 лет применяются спутниковые снимки. Однако между созданием снимка и его получением сельскохозяйственным работником проходит порядка недели, что достаточно много.

Применение БПЛА в аграрном секторе позволяет быстро провести мониторинг больших площадей и получить реальную картину состояния растений. Также «беспилотные» технологии создают 3D-модели местности (рисунок 2), которые можно использовать для построения контурных карт, определения уклона поверхности земли, нахождения направления стока воды, оценки объёма работ при подготовке земли для распахки, оценки плодородия почвы и объёма урожая, внесения удобрений, выявления скорости роста растений и многого другого. БПЛА помогают решать сложные или рутинные аграрные задачи, которые обычно выполнялись людьми. Например, точно распылять удобрения (рисунок 3).



Рисунок 3. Использование БПЛА для точечного опрыскивания растений

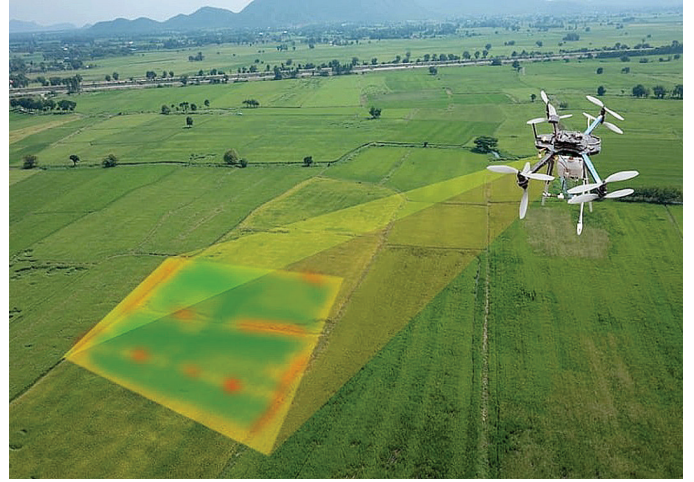


Рисунок 4. Использование БПЛА для мониторинга состояния роста растений

Использование БПЛА позволяет оценивать развитие растения (рисунок 4) на всех этапах жизненного цикла (от посадки и вызревания до уборки).

Исходя из полученных данных, можно определить корректирующие действия для каждого растения.

Цифровые камеры, работающие в разных участках оптического спектра, «умеют» измерять количество излучения, отражаемого растениями и почвой. Благодаря этому можно вычислить культурные растения, сорняки и участки открытой почвы. Также беспилотники решают проблему управления сельскохозяйственной техникой (например, движения тракторов).



Рисунок 5. Построение трёхмерных моделей горнодобывающих объектов

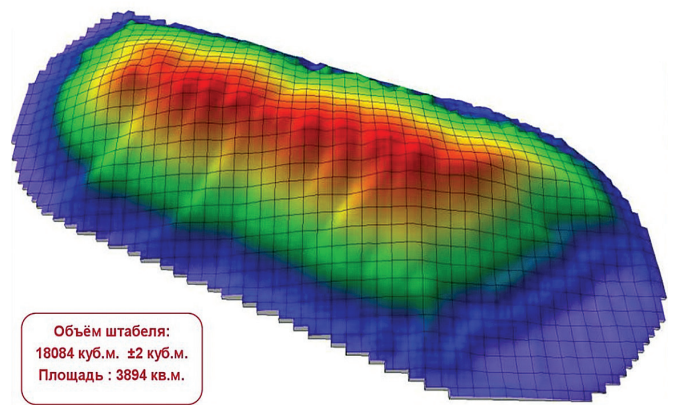
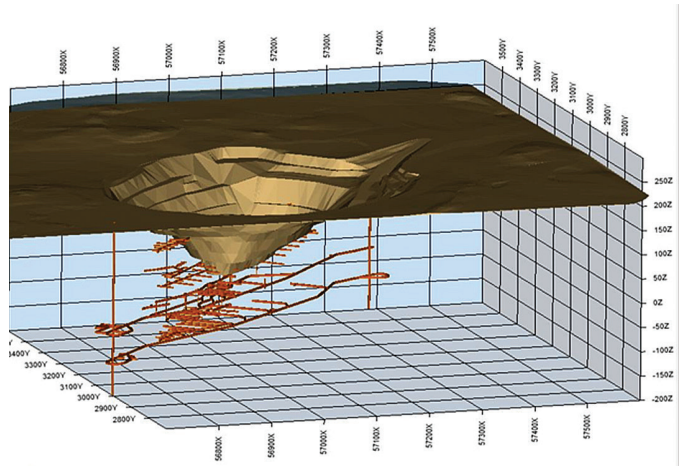


Рисунок 6. Вычисление объёма добытого угля с помощью БПЛА

## Горное дело

Горнодобывающая промышленность — сфера, где использование дронов имеет огромный потенциал. Разработка рудных или угольных карьеров обычно занимает несколько квадратных километров с резко изменяющимся рельефом, что делает их труднодоступными для мониторинга традиционными наземными методами. Поэтому использование беспилотников здесь особенно актуально — они способны быстро исследовать территорию месторождения (рисунок 5).

Беспилотники способны оценить объём проделанных на карьере работ, точность выполнения взрывов породы или количество добытого и складированного угля (рисунок 6). Также дроны помогают с помощью устройств и программного обеспечения IoT построить трёхмерное изображение карьера. 3D-моделирование важно для планирования взрывов и оценки проделанной работы.

Защита окружающей среды — одна из важнейших задач, которую выполняют БПЛА при проведении горнорудных работ. Информация, полученная от БПЛА, помогает оценить состояние плотин, дренажных систем, обнаружить эрозию и многое другое. В результате использование беспилотников в горнодобывающей промышленности позволяет оптимизировать маршруты перевозок на территории карьера, отследить соответствие стандартам рабочих процедур, снизить риск аварий и обеспечить безопасность сотрудников.

## Автодороги и ж/д магистрали

Автомобильные и железные дороги — это сложные инфраструктурные объекты, распределённые на обширной территории с разнообразным рельефом и покрытием растительности: от горных серпантинных до скоростных магистралей. Например, протяжённость ж/д путей в России составляет более 80 000 км, а автотрасс — 1 300 000 км! Отсутствие мониторинга может создать серьёзные проблемы при их эксплуатации, а это связано с безопасностью водителей или пешеходов.

Сегодня их обследование выполняется пешком, с помощью автотранспорта, иногда с привлечением вертолётов, что делает данный процесс медленным, дорогостоящим, зачастую некачественным. Применение БПЛА помогает получить информацию обо всех элементах транспортной сети быстро и эффективно.

Исключительное значение дроны приобретают при проектировании новых автомобильных и ж/д магистралей, а также ремонтных работах. Рой беспилотников, управляемых через «Интернет вещей», способен передавать данные о местности или процессе строительства специалистам, находящимся в любой точке планеты. При этом 3D-моделирование ландшафта в сочетании с VR-технологиями позволит получить точный план территории и познакомиться с процессом строительства в виртуальной среде неограниченное количество раз.

Главный плюс применения БПЛА в обслуживании автодорог и ж/д путей — возможность регулярного наблюдения за их состоянием, что помогает своевременно проводить профилактику, увеличивая срок их службы. Например, беспилотники способны быстро и тщательно проверить трассу на наличие дефектов (определить количество и размеры трещин и выбоин на дороге) (рисунок 7), а также выявить признаки изменений прилегающих территорий, например, проседания почвы, появление оврагов или зарастания.

В данной статье мы рассмотрели только малую часть множества сфер применения БПЛА. Функционал и востребованность беспилотников растёт с каждым днём, однако применение дронов связано и с большим количеством проблем, например, столкновением в воздухе, ограниченным временем непрерывной работы, с проблемами сетей передачи данных и другими. Уважаемые молодые читатели, возможно, именно вас заинтересуют направления, которые обозначены в статье, вы решите многочисленные практические задачи и сделаете человека настоящим покорителем воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов!



Рисунок 7. Использование БПЛА для контроля состояния железных дорог

# САМЫЕ ДЛИННЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ

**В настоящее время сложно представить жизнедеятельность человека без света. Как можно полноценно работать или учиться в здании, если в нём нет достаточного количества естественного света и отсутствует электроэнергия? Как осветить взрывоопасные пространства, в которых нельзя использовать искусственные источники света? Евгений Самуилович Серый, специальный корреспондент журнала «Светотехника», рассказал нам о полых световодах – устройствах, позволяющих «удлинить» светильник и эффективно перенаправить свет в труднодоступные места.**

Каждому из нас намного удобнее и безопаснее находиться в помещении, во дворе или на улице при достаточном количестве света. Есть несколько способов повысить значение освещённости от искусственных источников света до достижения ощущения комфорта: например, увеличить число светильников в освещаемом пространстве или повысить единичную мощность светильника, а следовательно, и излучаемый световой поток каждого из уже имеющихся светильников. Часто это приводит к снижению качества освещения: повышается слепящее действие источников света, снижается равномерность освещения, падает надёжность работы осветительных установок, сокращается срок службы источников света.

Оба описанных решения требуют и дополнительных затрат на оборудование, и увеличения расхода электроэнергии, что иногда просто невозможно реализовать. Ведь расходы на освещение городов требуют до 20 % всей потребляемой населённым пунктом электроэнергии, что является большой нагрузкой для бюджета населённого пункта.

Кроме того, источники света требуется периодически заменять из-за выхода из строя, снижения светового потока в течение срока службы или других причин, что также несёт за собой дополни-

тельные расходы на обслуживание: ремонт, замену и чистку.

Есть и другая специфическая проблема, которая заботит светотехников и конструкторов световых приборов: очень часто возникает необходимость удалить источник света от освещаемого объекта на значительное расстояние. Такая задача, например, стоит при проектировании освещения в угольных шахтах, химических комбинатах и других взрыво- и пожароопасных производствах.

Уже с момента появления первых электрических осветительных приборов светотехники задумывались о том, как решить эту задачу, потратив при этом минимальные ресурсы. Решение было найдено, когда в конце XIX века были придуманы полые световоды. Именно отечественные учёные внесли существенный вклад в их разработку, проектирование и внедрение освещения с помощью этих устройств.

Что же такое полые световоды? Как с их помощью можно снизить число устанавливаемых светильников, сократить длину электрических кабелей и уменьшить потери мощности? Ответы на эти вопросы вы обязательно найдёте в этой статье.

## Что такое полый световод?

Классический полый световод представляет собой трубу различной формы сечения и размера, на внутреннюю поверхность корпуса которой наносится специальный светоотражающий материал, способный отражать и рассеивать свет, попадающий на его поверхность (рисунок 1). С одной или с двух сторон трубы располагаются достаточно мощные источники света.

История создания световодов уходит в конец XIX века, когда в начале 1880-х годов русский учёный Владимир Николаевич Чиколев на Охтинском пороховом заводе под Санкт-Петербургом удачно исследовал возможность переноса светового потока от горячей электрической дуги сквозь металлическую



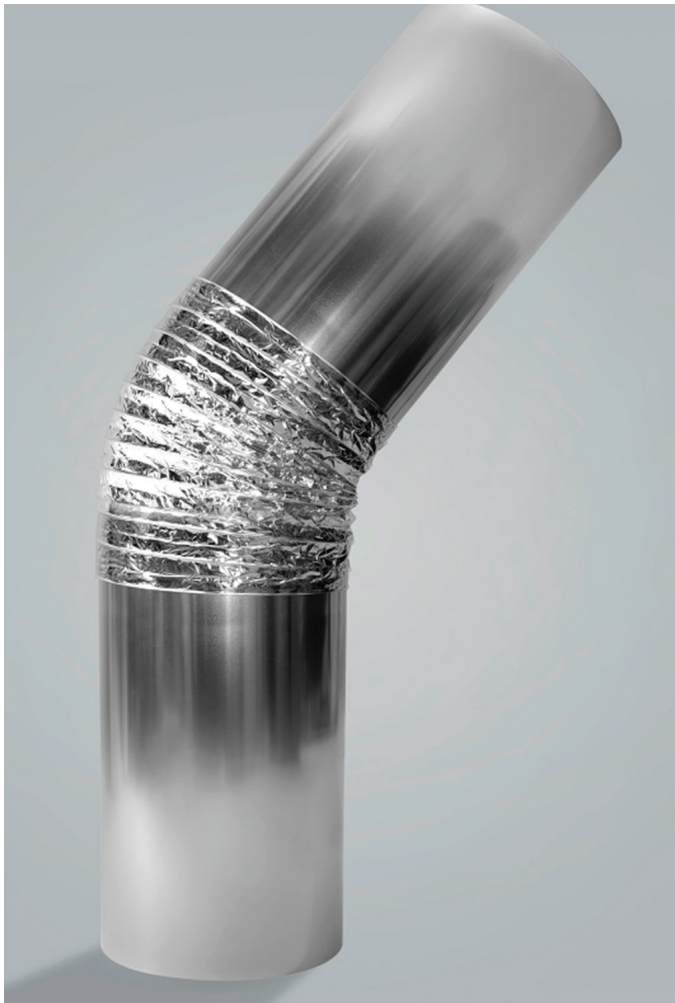


Рисунок 1. Внешний вид полого световода

трубу с внутренним зеркальным отражателем во взрывоопасные помещения. Однако, как уже не раз это было, первые патенты на световоды зарегистрировали не российские, а американские изобретатели.

Сегодня современные световоды используют для переноса светового потока трубы в основном не из металла, а чаще из специальной пластмассы, и они нередко имеют довольно сложную внутреннюю оптическую схему.

До массового внедрения светодиодов в области разработки и производства полых световодов работало не меньше 30 компаний в 12 странах мира. Нельзя не отметить, что эта продукция пользовалась устойчивым спросом и имела широкое распространение.

## Какими бывают полые световоды?

Отношение длины трубы к диаметру выбирается обычно от 30 для односторонних световодов и до 60 при двухсторонней установке источников света.

Важнейшим узлом осветительных устройств с полыми протяжёнными световодами является вводное

устройство (ВУ) с источниками света, оптической системой, концентрирующей световой поток. Первые ВУ базировались на специально разработанных зеркальных металлогалогенных лампах (МГЛ) мощностью от 250 до 700 Вт. Но, как показали последующие исследования, экономически выгодно в ВУ применять более простые и дешёвые серийные лампы, имеющие больший срок службы и удобные в эксплуатации.

Помимо классической схемы световода советский учёный Геннадий Борисович Бухман развил идею полых световодов, предназначенных не только для передачи света по трубе, но и его использования для освещения по всей длине световода. В таком световоде свет от мощного источника, установленного в один или оба торца зеркализированной изнутри трубы, выходит равномерно по всей длине трубы через продольную прорезь её боковой поверхности. Такие световоды получили название щелевых световодов, а боковая поверхность, через которую свет выходит в освещаемое пространство, — оптической щели.

Бухман Г. Б. впервые разработал и методы расчёта щелевых световодов, а российские учёные Коробко А. А. и Куц О. Г. впервые сформулировали теоретические методы компьютерных расчётов щелевых световодов и осветительных установок с ними.

В 1981 г. канадский учёный Л. Уайтхед изобрёл призматические световоды, в которых использовался эффект полного внутреннего отражения света. Появление таких устройств, отличающихся малыми потерями и высокой равномерностью светимости по длине, значительно продвинуло теорию и практику применения полых светодиодов, а также позволило эффективно передавать световой поток по всей длине световода (рисунок 2).



Рисунок 2. Световод с призматической плёнкой SOLF



Первые отечественные осветительные световоды, разработанные уже в 70–80-ых годах XX века, имели только плёночную эластичную оболочку из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) толщиной 25–50 мкм, разные части которой служили одновременно отражателем и рассеивателем.

Важным событием в производстве и эксплуатации полых световодов стало изобретение американскими учёными Р. Аппельдорном и С. Коббом из компании «3М» в 1985 г. специальной призматической плёнки SOLF (Scotch Optical Light Film) толщиной всего лишь в полмиллиметра. Эта плёнка в основном и используется для нанесения на внутреннюю поверхность трубчатого корпуса световода. Её главным преимуществом является практически полное отражение света, падающего на её поверхность под разными углами.

## Как проектируют полые световоды?

Световоды редко являются серийным продуктом, чаще всего их проектируют индивидуально для каждого архитектурного или промышленного объекта. Основной задачей светотехников при проектировании световодов является получение такой конструкции, в которой световые потоки заданным образом перераспределяются в освещаемом пространстве и обеспечивают равномерное не слепящее для глаз освещение при минимальных потерях транспортируемого светового потока.

Для достижения этой цели необходимо, чтобы конструкция световода имела, в том числе, достаточную светящуюся поверхность расчётной яркости, а источники света были смонтированы в торцах так, чтобы их было легко обслуживать.

Кстати, нельзя не отметить, что вопросы обслуживания и чистки световодов также стоят достаточно остро.

Советские и зарубежные учёные многие годы развивали теорию и практику новых конструкций световодов. Так, советские учёные и изобретатели Айзенберг Ю. Б. (шеф-редактор нашего журнала), Бухман Г. Б. и Пятигорский В. М. предложили, запатентовали и реализовали на практике принципиально новую конструкцию плоских протяжённых световодов клинообразной формы, позволяющих создавать большие светящиеся поверхности (рисунок 3). Клиновидные жёсткие световоды имеют более высокий коэффициент полезного действия (КПД) и при серийном производстве обходятся дешевле.

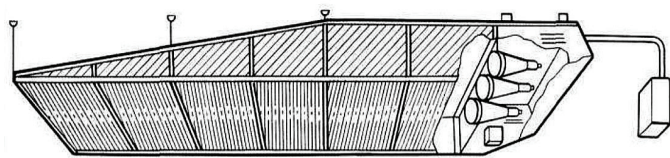


Рисунок 3. Модульный клиновидный световод ВНИСИ

Такие световоды могут набираться из отдельных элементов для поверхностей большой площади, например, светящихся потолков, у них легко может изменяться форма и архитектурное решение светящей поверхности. Они чаще всего собираются из коробчатых конструкций из тонколистового алюминия с высоким коэффициентом зеркального отражения. Эти конструкции имеют односторонний источник света, а оптическая щель закрыта светорассеивающей или прозрачной призматической пластмассой.

Клиновидные световоды удачно используются в проектах ввода и перераспределения в здания одновременно солнечного и искусственного света.

Самый известный проект применения клиновидных световодов для наружного освещения – крупная осветительная установка (около 500 устройств) на одном из центральных проспектов Барселоны, выполненная фирмой Socolec (рисунок 4).



Рисунок 4. Освещение световодами бульвара в Барселоне

## Где применяются полые световоды?

В разных странах оборудованы сотни осветительных установок с полыми световодами как для внутреннего, так и для наружного освещения. Световоды успешно применяются для освещения туннелей, мостов, улиц и площадей, аэро- и метровокзалов, в производственных помещениях, надземных пешеходных переходах (рисунок 5–8).



Рисунок 5. Освещение производственного цеха полыми световодами



Рисунок 7. Освещение надземного пешеходного перехода с помощью световодов



Рисунок 6. Освещение станции метро Messestadt Ost в Мюнхене



Рисунок 8. Куполы полых световодов естественного освещения

В московском метро оборудованы оригинальные осветительные установки не только с прямолинейными, но и с арочными щелевыми световодами, принципиально упростившими эксплуатацию установок.

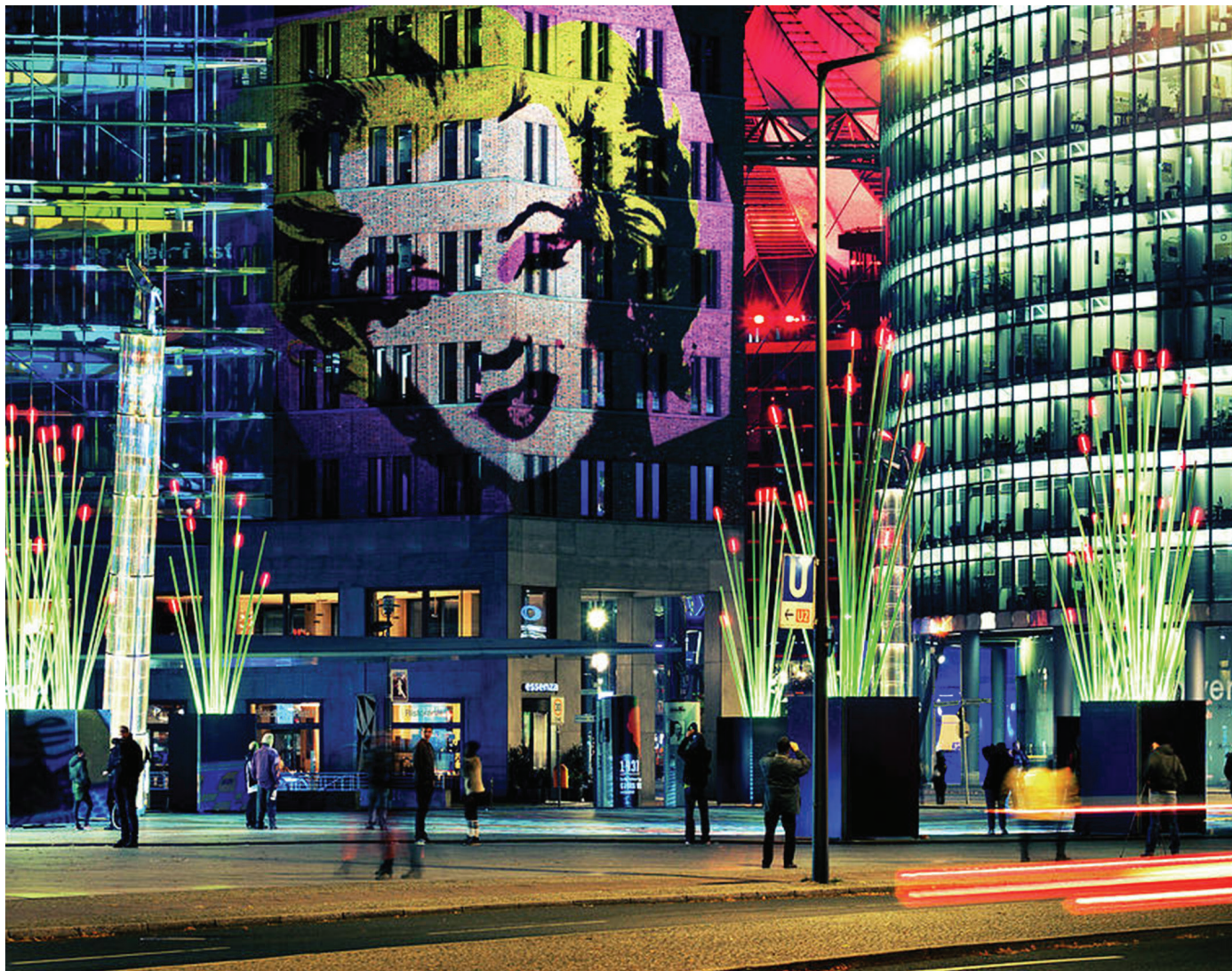
Интегральное (совмещённое) освещение естественным и искусственным светом помещений, в которые дневной свет не проникает или его недостаточно, прежде всего в многоэтажных зданиях — одна из наиболее интересных и перспективных

областей применения полых световодов. Такое использование световодов также весьма целесообразно в высоких одноэтажных зданиях с большой плотностью расположения оборудования и трудностью обслуживания (супермаркеты, выставки, большие цеха) и в подвальных и заглублённых помещениях (подземные гаражи, метрополитены и др.).

Поскольку световод представляет собой трубу довольно большого диаметра (до 1 м), то очевидно,

что такие каналы можно использовать не только для передачи искусственного и естественного света, но и совместно, например, с воздуховодом, для прокладки электрических сетей низкого напряжения и сетей малоточной автоматики и волоконной оптики, интернета.

В современных высотных зданиях с жилыми или офисными этажами световоды с жёсткой или полужёсткой оболочкой можно встраивать в стро-



*Рисунок 9. Вертикальные цилиндрические полые щелевые световоды на площади Potsdamer-Platz*

ительную конструкцию, что позволяет отказаться от сооружения дорогостоящих технических этажей, используемых, помимо прочего, для обслуживания сотен и тысяч встраиваемых светильников.

Подтверждением того факта, что архитекторы придадут большое значение взаимосвязи изолированных от естественного света помещений с внешним пространством, служит установка с полыми протяжёнными световодами, установленная на Potsdamer Platz в Берлине (рисунок 9). Эти наклонные световоды позволяют ввести луч света в подземное помещение крупного супермаркета.

Необычное и очень полезное решение для мобильных осветительных устройств с эластичными диффузными каналами нашла итальянская фирма OVA. Конструкция этих световых колонн высотой 5 м и диаметром около 400 мм функционирует при непрерывном поддуве внутреннего объёма световода с помощью вентилятора, питаемого от автомобильного аккумулятора. Мобильность

и простота такого устройства позволяют использовать его для чрезвычайных происшествий, аварийных работ и т. п.

Важно подчеркнуть экологическую составляющую применения полых световодов: их использование позволяет экономить электроэнергию, понизить количество необходимых сырьевых ресурсов и вредных для природы производственных процессов.

С массовым распространением светодиодов — компактных и долговечных источников света, а также волоконных световодов, роль полых световодов как в архитектурном, бытовом, офисном, так и в промышленном освещении значительно снизилась, но идеи и проекты, связанные с использованием полых светодиодов, не только позволили решить актуальные задачи своего времени, но и значительно продвинули светотехническую науку, дали и продолжают давать подпитку новым идеям и современным проектам в освещении.

# Архитектуру воспеваем И светом Питер впечатляем!



# О ЗРЕНИИ И ЗЕРКАЛЕ ДУШИ

**На страницах нашего журнала ты познакомишься с увлекательными оптическими явлениями, светотехническими понятиями и величинами. Каждая новая статья расширяет твой кругозор и наполняет сознание полезной информацией. Но всё это было бы невозможно, если в результате процесса эволюции человек не научился бы воспринимать зрительную информацию, а учёные не исследовали бы особенности восприятия и принципы работы органа зрения. Об одном из главных органов человека — глазе — и о зрении рассказывает аспирант кафедры Светотехника НИУ «МЭИ» Денис Савельев.**

**Б**олее 80 % информации, обрабатываемой мозгом, поступает к нам посредством зрительных ощущений. Более 70 % людей на Планете являются визуалами: им легче воспринимать зрительную информацию, чем устную или тактильную. Об этом явно свидетельствует рост популярности социальных сетей INSTAGRAM и TikTok, где пользователь взаимодействует с фото и видео контентом. Зрение занимает особое место среди всех человеческих чувств и именно для его обеспечения необходимо освещение.

При рассмотрении этого вопроса мы находимся на стыке светотехники и офтальмологии — раздела медицины, в рамках которого изучают особенности зрительного восприятия и органа зрения. Внешний вид, его строение, формирование зрительной реакции у человека могут многое рассказать о наличии врождённых заболеваний, патологий или развивающихся недугах. Помимо этого, медикам важно понимать общую картину строения человеческого организма и взаимосвязь всех органов чувств. Неудивительно, что первые упоминания об «окулистах» датируются 2500–1600 годами до н. э.

Для светотехника важно представлять реакцию органа зрения человека на излучение разного спектрального состава и интенсивности, чтобы создавать комфортный свет для жизни без вреда для здоровья человека. Невозможно было бы производить осветительное оборудование, создавать проекты освещения зданий и сооружений без этих знаний. Мы не смогли бы увидеть кино или футбольный матч в режиме онлайн, не узнав все тайны процесса зрительного восприятия.

## Строение органа зрения человека

Орган зрения формировался не одну сотню лет. Зрительные задачи, которые стояли перед первыми простейшими существами, населявшими Зем-

лю, существенно отличаются от задач человека разумного. Существенно изменилась и среда обитания — из воды, где развивались простейшие организмы, мы вышли на сушу, к чему адаптировался и организм человека. Позже мы научились ходить прямо, появилась речь. Каждый этап эволюции оказывал существенное влияние на строение зрительной системы и на особенности зрительного восприятия.

От простой светочувствительности, когда для выживания и продолжения рода нам важно было представлять, где находится источник света, мы перешли к сложной системе восприятия зрительных образов, в которой органы зрения работают в совокупности с мозгом. Это отличает наше зрение от зрения остальных живых существ на Земле.

Какая же роль в вопросе зрительного восприятия отводится глазу человека? Сравнить его по строению и принципу работы можно с очень дорогой и сложной видеокамерой, у которой есть свои преимущества и недостатки.

Само глазное яблоко (полная структурная схема глаза человека приведена на рисунке 1) — парное образование, располагается в глазных впадинах. Глаз новорождённого имеет шаровидную форму, но с возрастом размер глаза вдоль оптической оси линии зрения увеличивается от 16,2 мм до 24 мм.

Глаз имеет три оболочки. Наружная или фиброзная оболочка представлена плотной эластичной тканью и служит для поддержания формы глаза и его защиты. Наружная оболочка делится на два отдела: прозрачную оболочку — роговицу и непрозрачную — склеру (рисунок 2).

Роговица прозрачна и имеет сложную структуру, включающую 5 слоёв. Правильное расположение структурных элементов роговицы, включающих белки, мукополисахариды, липиды, витамины В и С, обуславливают её прозрачность. Она на 76 %

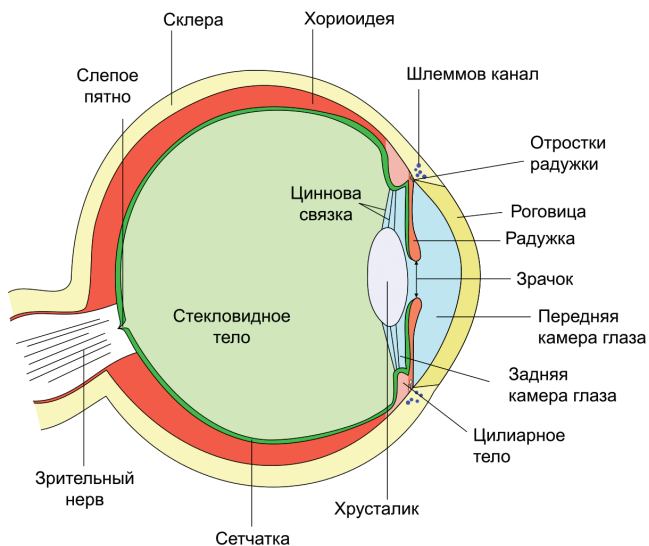


Рисунок 1. Структурная схема глаза человека

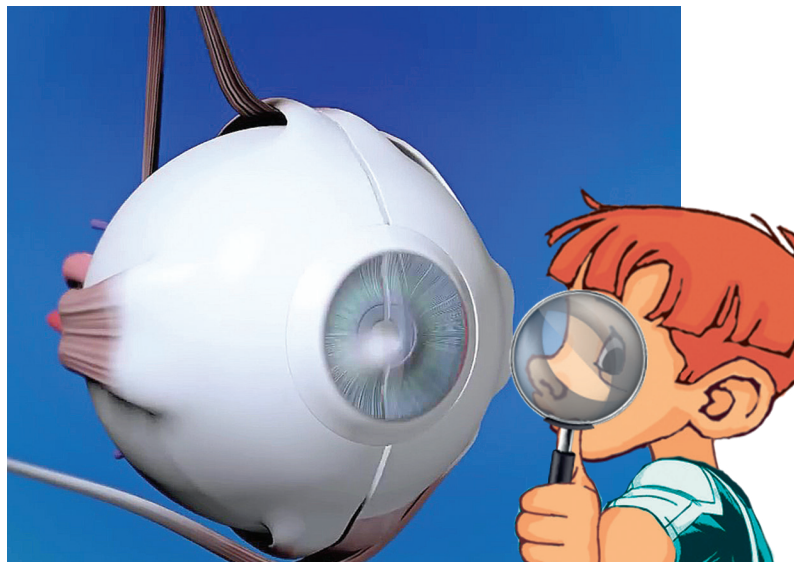


Рисунок 2. Внешняя оболочка глаза

состоит из воды, а температура роговицы почти на  $10^{\circ}\text{C}$  ниже температуры тела. Роговица почти не содержит кровеносных сосудов, её питание осуществляется не напрямую, однако она богата нервами и является одной из самых высокочувствительных тканей в человеческом организме.

У новорождённых детей роговица малочувствительна вследствие ещё не закончившегося развития черепных нервов. Поэтому до 2–4 месяцев особенно опасно попадание в роговицу инородных тел, поскольку они не вызывают беспокойства у ребёнка, но могут вызвать повреждения глаза. Роговица играет важнейшую роль в формировании зрительного восприятия человека и отвечает за преломление первичного потока световых лучей.

Склера – непрозрачная часть внешней оболочки глаза интенсивного белого цвета. Через склеру проходят сосуды для питания глаза, а также она служит местом прикрепления 4-х наружных прямых и 2-х косых мышц глаза.

Сосудистая или средняя оболочка глаза подразделяется на три отдела. Её основное назначение – питание органа зрения.

Радужка – передний отдел сосудистой оболочки. Она не имеет прямого контакта с роговой оболочкой глаза, между ними находится свободное пространство, заполненное водой – передняя камера глаза. В центре радужки находится отверстие – зрачок (рисунок 3), выполняющий функцию диафрагмы. Размер зрачка зависит от количества света, попадающего в глаз. На внутренней оболочке радужки находится слой пигмента, который подобно экрану не пропускает световые лучи иначе, кроме как через зрачок. В радужной оболочке глаза

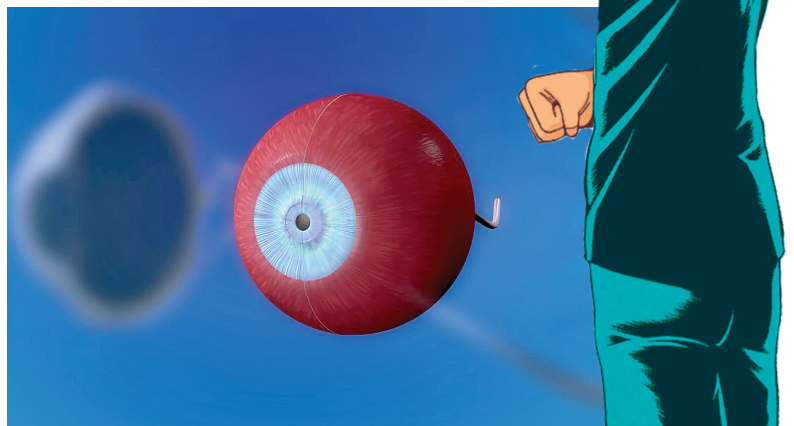


Рисунок 3. Радужная оболочка глаза (голубой), зрачок (тёмное отверстие) и хориоидея (красный)

также рассеяны зёрна пигмента, и от их количества зависит цвет глаз.

При слабо выраженной пигментной зоне радужка сероватая или голубая, при выраженной – коричневая. При полном отсутствии пигмента глаза человека кажутся нам светло-голубыми. Постоянный цвет радужка приобретает в возрасте 10–12 лет.

Ресничное тело (или цилиарное) – промежуточное звено между радужной и сосудистой оболочкой глаза. Оно участвует как в питании глаза, так и в формировании чёткого изображения. Задняя часть сосудистой оболочки называется хориоидеей и занимает  $2/3$  всего сосудистого тракта. Функция хориоидеи очень важна: она является энергетической базой, обеспечивающей непрерывное восстановление распадающегося зрительного пигмента, необходимого для процесса зрения, т. е. принимает участие в питании бессосудистых структур глаза, сетчатки, в выработке и оттоке внутриглазной жидкости.

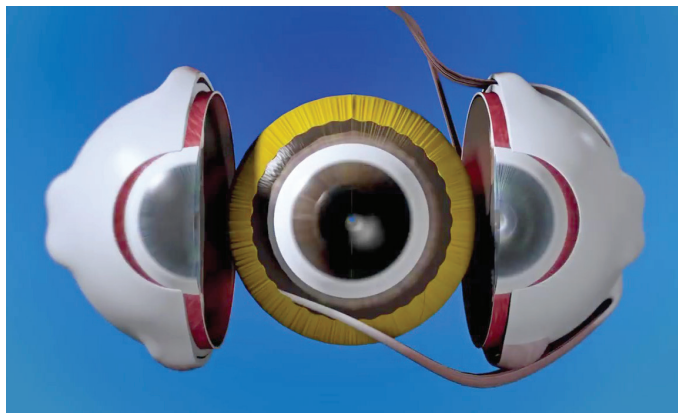


Рисунок 4. Сетчатая оболочка глаза (жёлтый) и капсула хрусталика

Внутренняя оболочка глаза представлена сетчатой оболочкой или сетчаткой (рисунок 4). По своей структуре она похожа на мозговую ткань, вынесенную на периферию. Она выстилает всю внутреннюю поверхность сосудистой оболочки. Сетчатая оболочка имеет очень сложное строение и насчитывает до 10 слоёв, образованных светочувствительными тканями.

Внутреннее ядро глаза состоит из прозрачных светопреломляющих сред: хрусталика, стекловидного тела и водянистой влаги, наполняющей переднюю и заднюю глазные камеры. Хрусталик изолирован от остальных оболочек глаза капсулой. Его питание осуществляется из водянистой влаги камер глаза и стекловидного тела.

У взрослого человека хрусталик представляет собой прозрачное, слегка желтоватое, сильно преломляющее свет тело. Хрусталик имеет форму выпуклой с двух сторон линзы, где передняя поверхность менее выпуклая, чем задняя. Расположен хрусталик между радужкой и стекловидным телом, а удерживают его волокна, прикреплённые к внутренней поверхности ресничного тела. В течение всей жизни в хрусталике меняется соотношение воды, растворимых и нерастворимых белков. Развитие хрусталика и его рост неравномерны на протяжении жизни, вследствие чего внутри образуются волокна, похожие на кольца у деревьев, по которым можно определить их возраст. Центральные более старые волокна уплотняются, и в старости хрусталик теряет свою эластичность.

Передняя и задняя камеры глаза играют важную роль в поддержании его формы и служат для циркуляции жидкости в глазу. Стекловидное тело располагается позади хрусталика, является светопрозрачным, но не участвует в преломлении световых лучей. В стекловидном теле нет сосудов, оно

на 98–99% состоит из воды с небольшим количеством минералов. Эта структурная единица глаза играет значительную роль в поддержании внутриглазного давления и формы глазного яблока.

Помимо основных (перечислены выше), у глаза есть вспомогательные органы. К ним можно отнести веки, конъюнктиву и слёзный аппарат.

Веки защищают глаз от высыхания, механических воздействий и лишнего света. Скользя по глазу при моргании, они равномерно распределяют слезу и поддерживают необходимую влажность роговицы. Постоянное мигание во время бодрствования является интуитивным ответом на множественные раздражения зрительных нервов, вызванные высыханием роговицы или внешним раздражителем (яркий свет, пары газов, пыль, прикосновение к ресницам или появившаяся для глаз угроза).

Заднюю поверхность век выстилает тонкая бледно-розовая оболочка – конъюнктив. Она также выполняет защитную, механическую, барьерную, увлажняющую и питательную функции. В верхней части глаза располагается слёзный аппарат, основная функция которого – защита и увлажнение глаза. В слезах находится фермент, выполняющий бактерицидное действие.

## Как мы видим!? Особенности зрительного восприятия

Познакомившись со строением глаза, мы можем переходить к изучению роли каждой части в формировании чёткого изображения. Нашему глазу отводится роль оптической системы, способной не только оценивать количественный уровень принимаемых сигналов, но и оценивать их качество. Давайте обо всём по порядку.

Свет, испускаемый источниками, может напрямую попадать в наш глаз, а может отражаться от окружающих предметов. Под светом мы понимаем электромагнитное излучение в видимом диапазоне спектра от 380 до 780 нм. В составе естественного дневного света есть существенная доля излучения других спектральных диапазонов, излучение которых также может попадать в наш орган зрения, но мы не воспринимаем его как видимое излучение, и оно не всегда полезно для наших глаз.

Отражённые световые лучи попадают в сложную оптическую систему глаза (рисунок 5). Роговица без проблем пропускает световые лучи, преломляя их, и направляет через переднюю камеру глаза в зрачок.



Рисунок 5. Световые лучи, попадающие в глаз

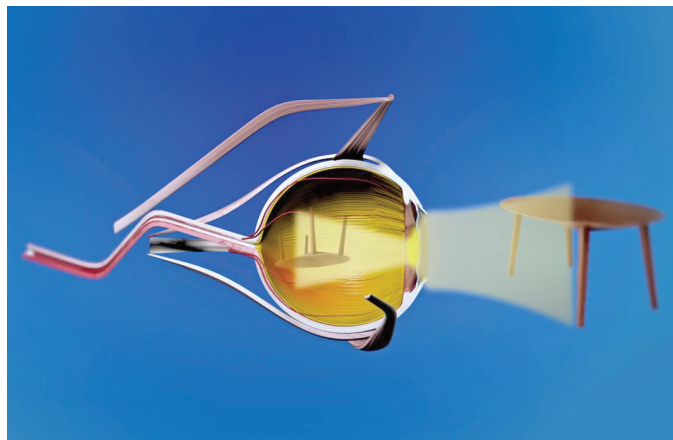


Рисунок 6. Сформированное на сетчатке изображение

В зависимости от интенсивности излучения диаметр зрачка может меняться от 1 до 8 мм. Непроизвольное изменение размера зрачка с целью ограничить количество световых лучей, попадающих на сетчатку, называют зрачковым рефлексом. Причём, если мы закроем рукой один глаз и будем увеличивать интенсивность света, поступающего во второй, сужаться будут оба зрачка. Это свойство называется содружественной реакцией на свет. Оптимальные условия для высокой остроты зрения обеспечиваются при ширине зрачка 3 мм.

После прохождения зрачка свет попадает в хрусталик, который выполняет функцию выпуклой линзы в оптической системе глаза. Мышцы, прикрепленные к оболочке глаза, меняют кривизну и его оптическую силу. Благодаря этому мы можем отчётливо видеть предметы вблизи и на существенном удалении от нас. Способность глаза различать предметы на разном расстоянии называется зрительной аккомодацией.

Длительная аккомодация на ближнюю точку приводит к утомлению. Без излишнего утомления нормальный глаз может наблюдать предметы, находящиеся на расстоянии 0,25–0,3 м. Это расстояние называется оптимальным. То, насколько быстро наш глаз сможет сфокусироваться и как далеко мы сможем разглядеть предмет, зависит от условий наблюдения и состояния зрительной системы.

В результате прохождения видимого света сквозь все глазные среды он должен быть сфокусирован на сетчатой оболочке глаза. Если воспользоваться законами геометрической оптики, несложно определить, что изображение, получаемое на сетчатке, является сильно уменьшенным и перевернутым (рисунок 6).

Но мы видим не отдельными фрагментами и лучами, воспринимаем не статическое изображение,

а видим в реальном времени. О том, на каком этапе процесса восприятия изображения происходит трансформация зрительного образа, мы расскажем в одном из следующих номеров нашего журнала. Также мы уделим особое внимание следующим вопросам: почему мы видим окружающие предметы в цвете, и какую роль играет наш мозг в зрительном восприятии? А также расскажем о многих интересных особенностях зрения человека и не только.

Читателям, которым интересно узнать больше о зрении и глазе, рекомендуем следующую литературу:

Мешков В. В., Матвеев А. Б. Основы Светотехники. Часть 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1961. – 432 с.

Бондарь В. А. История зрения: путь от светочувствительности до глаза. – Эксмо, 2020. – 288 с.

Аветисов Э. С. Охрана зрения детей. – М.: Медицина, 1975. – 272 с.

Грюссер О. Зрение и движения глаз. В кн.: Хрестоматия по физиологии сенсорных систем: Учеб. пособие/Ред.-сост. А. М. Черноризов. – М.: Российское психологическое общество, 1999. – 388 с.



Прочитай qr-код с помощью камеры телефона или планшета и узнай много нового и интересного, посмотрев видеосюжет об анатомии глаза.



# КАК УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ УНИЧТОЖАЕТ ВИРУСЫ И МИКРОБЫ И ПОМОГАЕТ ПОБЕДИТЬ КОРОНАВИРУС

**2020 год надолго останется в памяти людей. Причина тому – коронавирус SARS-CoV-2, который без преувеличения повлиял на жизнь каждого человека на Земле. В эти непростые времена с вирусом борются не только врачи, но и светотехники. В чудодейственных бактерицидных свойствах ультрафиолетового излучения нам поможет разобраться кандидат технических наук Александр Карев.**

Применение света, обладающего бактерицидными свойствами, впервые было описано Артуром Даунсом и Томасом П. Блантом в 1870 г. в статье «Воздействие света на бактерии», в которой они наблюдали разрушительное воздействие солнечного света на микроорганизмы, выращенные в пробирках.

Уже в 1903 г. датский учёный Нильс Финсен получил Нобелевскую премию за практические достижения при применении ультрафиолетового излучения в медицинских целях.

В 20 веке медицинские учреждения использовали бактерицидные лампы, чтобы сократить распространение устойчивых к лекарствам инфекций и дезинфицировать хирургические приборы. Ультрафиолет работал на станциях водоподготовки, в бассейнах, на пищевых предприятиях.

Пандемия коронавируса 2020 привлекла новый интерес к УФ технологии обеззараживания. Сегодня, когда по всему миру продолжают пробегать волны респираторных заболеваний, ультрафиолет планируется использовать практически во всех общественных местах: школах, офисных зданиях, магазинах и ресторанах.

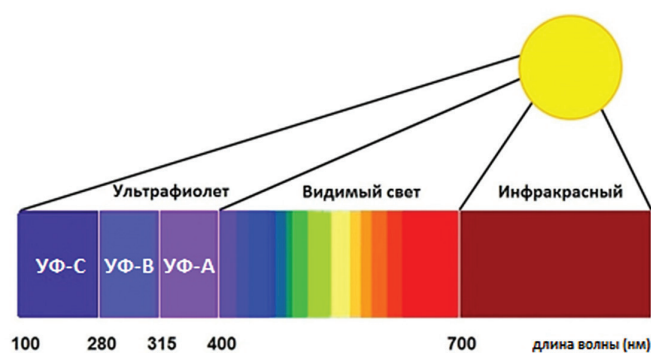
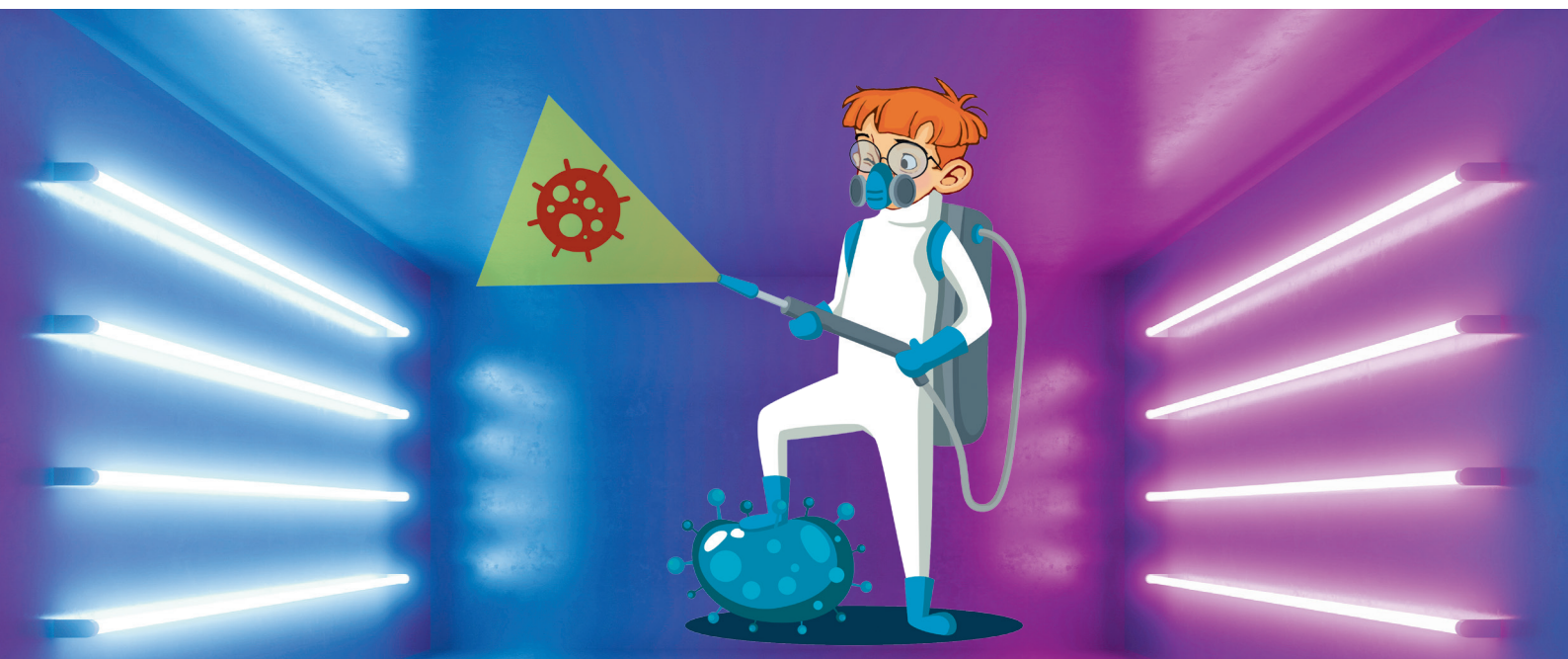


Рисунок 1. Спектр излучения Солнца

Так что это за невидимый санитар, на которого возлагается столько надежд? Оправданы ли они? В этих вопросах мы и постараемся сегодня разобраться...

Звезда по имени Солнце является источником электромагнитного излучения в широком диапазоне: от мощного инфракрасного излучения до рентгеновского излучения и далее (рисунок 1). Ультрафиолетовый диапазон граничит с видимым и находится за пределами фиолетового. На протяжении миллиардов лет, достигая поверхности земли, мощные фотоны Ультрафиолета меняли структуры химических элементов и конструировали из простых



всё более сложные. Так сначала возникли органические вещества, а затем и живые клетки! Получается, что именно ультрафиолет является ключевым фактором зарождения жизни на Земле. И если вся сегодняшняя жизнь на Земле определяется солнечным светом, то его ультрафиолетовая составляющая – это, действительно, начало жизни!

Посмотрим на ультрафиолетовое излучение более внимательно. Излучение этого диапазона принято делить на три сегмента в зависимости от длины волны: А – «мягкое» длинноволновое излучение; В – средневолновое; С – «жесткое» коротковолновое.

Излучение Солнца на границе атмосферы состоит на 50 % из инфракрасного излучения, на 40 % из видимого излучения – света и на 10 % из ультрафиолетового излучения. Из общего количества солнечного Ультрафиолета от границы атмосферы к поверхности земли проникает меньше трети, в основном это излучение А и отчасти В диапазонов. К счастью, Ультрафиолет-С в наше время практически полностью поглощается озоновым слоем (рисунок 2).

Ультрафиолетовое излучение всех трёх диапазонов оказалось чрезвычайно востребовано современными технологиями в различных областях применения! На сегодня созданы надёжные искусственные источники УФ излучения (рисунок 3). К ним можно отнести, в первую очередь:

- разрядные лампы низкого и среднего давления на ртутной основе;

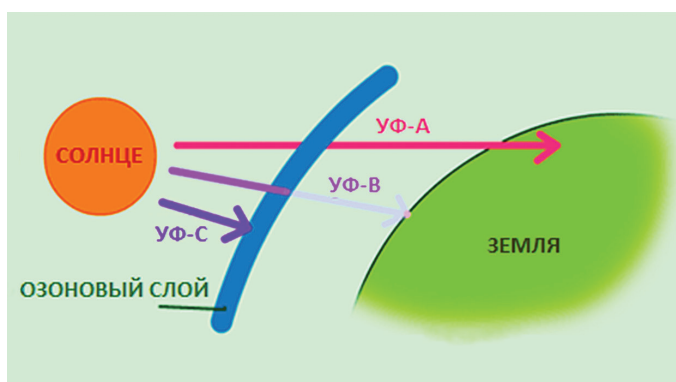


Рисунок 2. Путь УФ излучения от Солнца к Земле



Рисунок 3. Различные искусственные источники УФ излучения

- ксеноновые и эксимерные лампы;
- светодиодные источники;
- лазеры.

Так какое воздействие оказывает Ультрафиолет на человека и иные формы живой материи? В первую очередь, его воздействие на микробы и вирусы и наша безопасность при его использовании, конечно. Реальны ли надежды на победу над коронавирусом SARS-CoV-2 при помощи ультрафиолета?

Ультрафиолет мягкого А-диапазона (315–400 нм) на человека оказывает умеренное действие. В нормальных количествах вызывает усиление обмена веществ, комфортный загар, повышает общий тонус. Однако в больших дозах приводит к образованию свободных радикалов и может серьёзно повредить кожу.

И для микроорганизмов он – совсем не подарок. Под его действием в межклеточном пространстве бактерии или вируса происходит генерация активного кислорода, который разрушает структуру клетки и в итоге уничтожает объект.

Так что мягкий УФ мягко стелет, да жестко спать... Запомним, что и он обладает бактерицидным действием. Хотя и не таким, как его спектральный сосед – Ультрафиолет диапазона В.

Ультрафиолет диапазона В (280–315 нм) – уже «настоящий боец». Он оказывает выраженное биологическое действие на человека, вызывая синтез пигмента меланина и интенсивный загар, обеспечи-



Рисунок 4. При переоблучении УФ излучением диапазона В – серьёзные заболевания кожи. Осторожно!

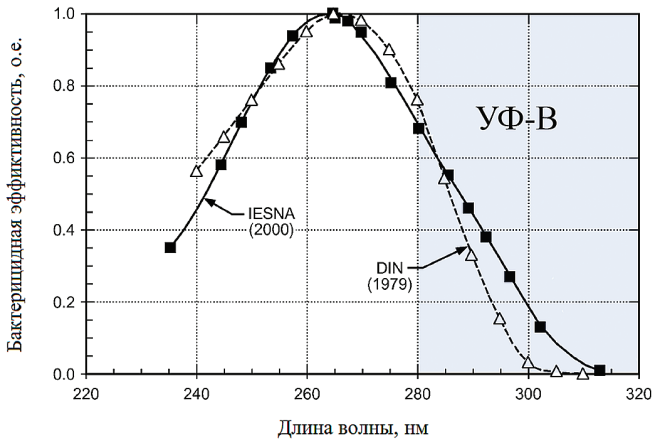


Рисунок 5. Бактерицидная эффективность согласно стандарту IESNA (2000) и DIN (1979), диапазон УФ-В выделен цветом

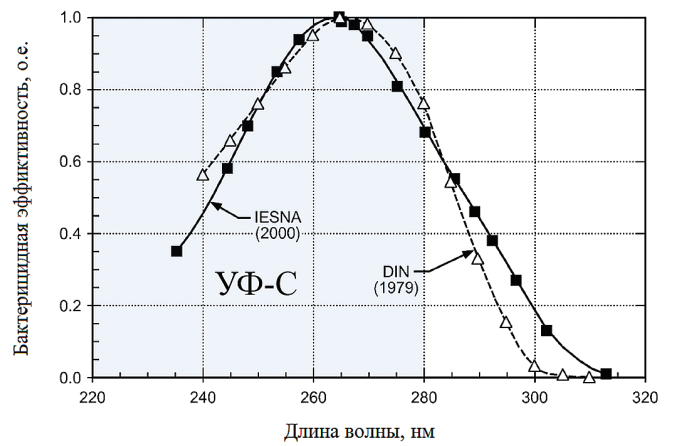


Рисунок 6. Бактерицидная эффективность согласно стандарту IESNA (2000) и DIN (1979), диапазон УФ-С выделен цветом

вая образование витамина D, оказывая антирахи- тичное действие. Вместе с этим, при переоблучении возможны серьёзные заболевания кожи. Так что, блондины и рыженькие, будьте особенно осторожны (рисунок 4)!

И бактерицидное действие на микроорганизмы и вирусы он демонстрирует нешуточное. Посмотрим, как меняется бактерицидная чувствительность микроорганизмов в зависимости от длины волны ультрафиолетового излучения. Чувствительность максимальна на длине волны 265нм и плавно падает при смещении в короткую и длинную стороны спектра. Обратим внимание на правое крыло чувствительной области – это и есть диапазон УФ-В (рисунок 5). Значит, УФ-В лучи попадают в цель, хотя и не «в яблочко»!

Так что при наличии соответствующего источника излучения вполне можно использовать этот диапазон для дезинфекции.

Ну и, наконец – Джокер! Ультрафиолет диапазона С – 100-280 нм (рисунок 6)!

Если бы вирусы и микробы писали Женевскую конвенцию, они наверняка внесли бы ультрафиолет С-диапазона в список запрещённого оружия массового поражения!

Излучение этого диапазона расположено в зоне максимальной бактерицидной чувствительности и эффективно разваливает структуру ДНК, повреждает РНК, портит всю наследственную информацию, в итоге, инактивирует биологические объекты (рисунок 7). Действительно, настоящий Джедай микробира! УФ Джокер!

Однако этот УФ Джокер и людей не очень любит! Излучение УФ-С диапазона крайне опасно и недопустимо для глаз и открытых участков кожи. Это надо запомнить и соблюдать правила безопасной работы с УФ излучением! Чуть позже мы ещё к этому аспекту вернёмся.

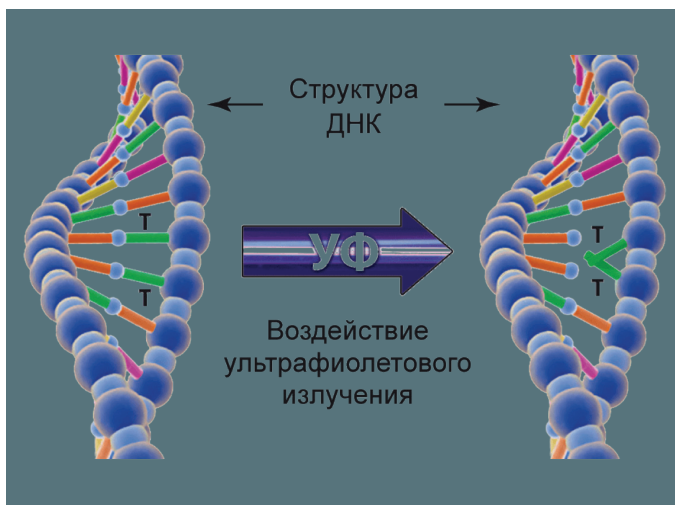


Рисунок 7. Воздействие ультрафиолетового излучения на структуру ДНК

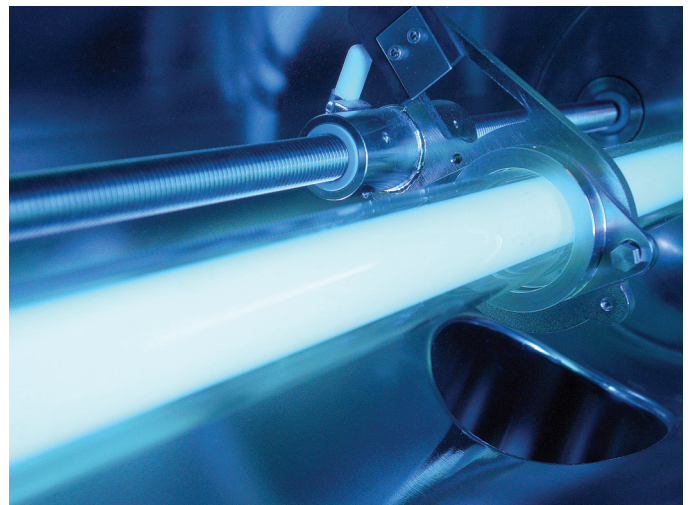


Рисунок 8. Разрядная лампа низкого давления с ртутной основой

Теперь мы знаем, какое излучение наиболее эффективно в борьбе с инфекцией. Осталось только подобрать удобный источник УФ-С излучения, желательнее в зоне максимальной чувствительности биологических объектов. И такой источник есть! Это разрядная лампа низкого давления с ртутной основой (рисунок 8)! И он уже почти 100 лет на службе человека!

Да и эффективность потрясающая – 30% электрической мощности он превращает в нужное излучение. Это излучение плазма электрического разряда выжимает из атома ртути в виде «линии» 253,7 нм, то есть практически на максимуме чувствительности ДНК микробов и вирусов. Это значит, что у нас на руках второй Джокер! С такими картами даже с коронавирусом SARS-CoV-2 можно играть уверенно!

Конечно, игре нужны правила. Как технически правильно осуществить инактивацию вируса в воздухе? Для надёжной инактивации биологический объект должен получить определённую дозу УФ излучения. То есть оказаться под воздействием определённой интенсивности в течение определённого времени. Произведение этих величин и определяет дозу УФ облучения и измеряется в Дж/см<sup>2</sup>. Летальные дозы для каждого биообъекта различны. Однако их значения определены и табулированы в справочниках, в том числе и для коронавирусов.

Рассмотрим, как происходит инактивация организмов в воздушном потоке в УФ камере. На вход камеры подаётся воздух, загрязнённый бактериями, вирусами и спорами. В процессе движения вместе с воздушным потоком они облучаются с определённой интенсивностью на каждой точке траектории полёта и за время нахождения в зоне облучения к концу движения набирают суммарную УФ дозу. Если доза достаточна для уничтожения микроорганизма, то можно оценить производительность устройства, т.е. сколько кубических метров воздуха было продезинфицировано в единицу времени, например, за час работы прибора (м<sup>3</sup>/час).

Конечно, не все микроорганизмы получают одинаковую дозу и, значит, дезинфекция происходит с определённой вероятностью. Эта величина характеризует бактерицидную эффективность прибора. В итоге каждый % снижения концентрации вирусов в воздухе помещения повышает наши шансы остаться здоровыми!

Сегодня на практике применяется три основных способа УФ обеззараживания:

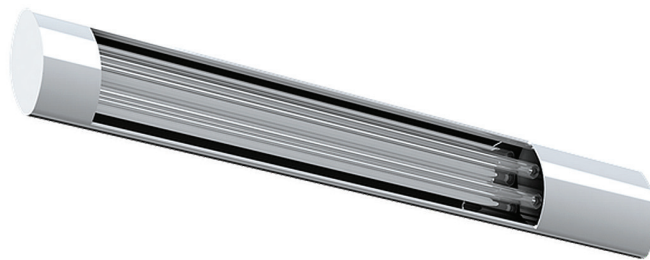


Рисунок 9. УФ облучатель открытого типа



Рисунок 10. УФ облучатель комбинированного типа



Рисунок 11. УФ облучатель закрытого типа

- открытое облучение, которое проводится в отсутствие людей с помощью открытых облучателей, закреплённых на стенах или потолке, либо на специальных штативах, стоящих на полу (рисунок 9);
- комбинированное облучение, которое осуществляется с использованием облучателей, установленных на высоте выше 2 м от пола, облучающих верхнюю зону помещения, а не людей в нём (рисунок 10);
- закрытое облучение, которое применяется в системах вентиляции и автономных рециркуляционных устройствах (рисунок 11). Оно допустимо в присутствии людей. Воздух, проходящий через УФ камеру с бактерицидными лампами, подвергается прямому облучению и возвращается в помещение уже обеззараженным.

В основе конструкторских разработок эффективных бактерицидных приборов лежат четыре



Рисунок 12. Преимущества дезинфекции с помощью УФ технологий

ключевых фактора эффективной УФ дезинфекции:

- источники УФ излучения должны обеспечивать достаточную интенсивность излучения источника в диапазоне бактерицидной чувствительности (например, 253,7 нм);
- прибор должен иметь УФ камеру с оптимальной оптической геометрией и максимально использовать эффект многократных отражений УФ лучей;
- при разработке следует точно определить тип вируса или микроорганизма, на который будет направлено бактерицидное действие прибора с заданной эффективностью;
- прибор должен обеспечить время нахождения микроба или вируса в зоне УФ облучения, достаточное для их инактивации.

Какие преимущества дают УФ технологии по сравнению с традиционными способами химической дезинфекции (рисунок 12)?

- УФ дезинфекция экологически безопасна и не предусматривает применение химических реагентов;
- эффективна против всех микробов и вирусов, включая SARS-CoV-2;
- отсутствует опасность передозировки;
- УФ не создаёт канцерогенных побочных продуктов дезинфекции, таких как создаёт, например, хлор;



Рисунок 13. Предупреждающий знак о проведении обеззараживания УФ излучением

- абсолютная управляемость процесса дезинфекции по цифровым протоколам в автоматическом режиме;
- надёжность при использовании и простота обслуживания УФ приборов.

В заключение следует остановиться на правилах безопасной эксплуатации установок УФ дезинфекции. Прежде всего следует:

- ограничивать уровень облучения людей ультрафиолетовым излучением в соответствии с Санитарными нормами;
- ограничивать уровень возможного содержания озона в помещении при облучении ультрафиолетовым излучением (в соответствии с нормами ПДК);
- размещать предупреждающие знаки в помещении и на оборудовании (рисунок 13);
- эксплуатировать оборудование на объекте в соответствии с паспортом и инструкцией по эксплуатации.

Так что не с пустыми руками в этом году человечество отмечает 150-летний юбилей осмысленного использования бактерицидных свойств ультрафиолета. Накопленный опыт и знания в области светотехнической науки, биологии и медицины позволили создать технологию УФ дезинфекции и применять её для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Нам есть что противопоставить злему и коварному коронавирусу! Ну а научиться это делать правильно – наша задача!

**Искусство освещать - дано лишь тем,  
Кто наделён талантом и умением  
Энергию дарить и ночи оживлять  
Своим трудом, любовью и терпением!**



# РАБОЧЕЕ МЕСТО ШКОЛЬНИКА

**Начался новый учебный год. Дети и подростки занимаются не только в школе, но и дома. К тому же этой осенью сохраняется высокая вероятность обострения пандемии, и всю учёбу могут снова перевести в домашний онлайн-режим. В этих условиях правильная организация освещения рабочего места школьника в домашних условиях становится более чем актуальной – от этого зависит утомляемость ребёнка, а следовательно, успехи в учёбе. Специалисты дают следующие рекомендации.**

## Естественное освещение

Рабочий стол лучше всего расположить у окна. В этом случае школьник гораздо дольше будет заниматься при наиболее безвредном для глаз естественном освещении. К тому же хороший вид из окна на небо или зелень может способствовать рабочему настроению. При этом стол должен стоять боком к окну, тогда падающий на стол свет будет более мягким и рассеянным, не будет бить в глаза или давать блики на экране компьютера.

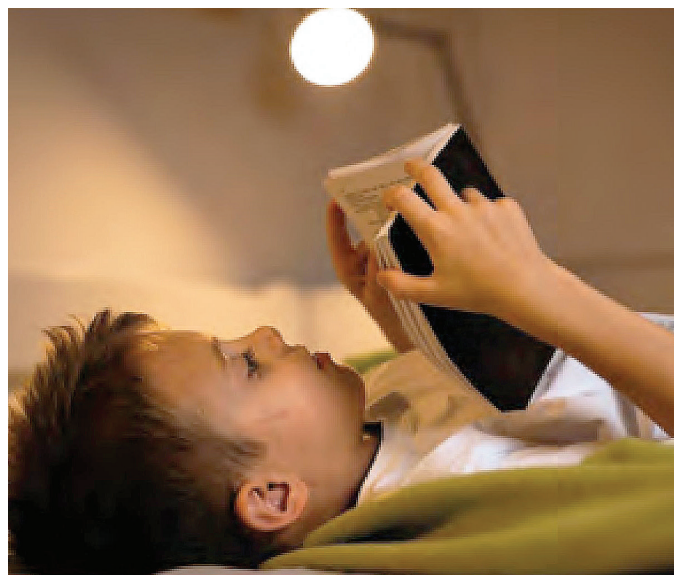
## Искусственное освещение

Однако в наших широтах естественного освещения, как правило, недостаточно. Так что почти весь день школьнику приходится заниматься при искусственном освещении. В дополнение к верхнему освещению обязательно должна быть настольная лампа с регулируемым углом освещения и матовым или непрозрачным плафоном. Такая лампа позволяет настроить комфортное освещение, чтобы свет не слепил и освещал нужный сегмент стола. При размещении настольной лампы нужно учитывать особенности школьника – правша он или левша.

Соответственно, для правши лампа должна стоять слева, а для левши – справа, иначе писать или ещё что-то делать будет мешать тень от руки.

## Лампы и нормативы

В светильнике может стоять обычная лампочка накаливания, желательно тоже с матовым покрытием, мощностью 40–60 Вт. Для сетчатки глаза наиболее безопасный – тёплый оттенок свечения, соответствующий температуре 2700–3200 К. Компактные люминесцентные лампы использовать не следует – у них далёкий от естественного спектр излучения, к тому же они мерцают, так что для занятий школьника противопоказаны. Кстати, чтобы проверить любую лампочку на мерцание, достаточно посмотреть на неё через камеру смартфона. У хорошей лампочки пульсаций почти не должно быть. В то же время современные светодиодные лампы хорошо подходят для настольного освещения, отвечая указанным выше требованиям. В целом рекомендуемые санитарные нормы освещения рабочего стола для школьника такие: коэффициент пульсаций лампы, как, кстати, и экрана монитора, должен быть меньше 5%, освещённость стола – 300–500 лк.



Любому городу России одеться  
в праздничный наряд  
Помогут виртуозы света —  
«Светосервис-Волгоград»





# «ВЕТЕР, ВЕТЕР, ТЫ МОГУЧ!»

## ПОКОРЯЕМ ВОЗДУШНЫЕ ПОТОКИ

**В прошлом выпуске журнала мы рассказали о таком удивительном изобретении, как солнечные батареи, и использовании энергии Солнца в целом. Как и обещали, продолжаем рассказ об альтернативной энергетике. В этом материале вы узнаете об энергии ветра, которая уже многие столетия служит человечеству, а в XX веке стала особенно популярна. Вам может показаться, что ветрогенерация далека от светотехники, однако ветряки вырабатывают электричество, которое питает, в том числе, миллионы осветительных приборов. Кроме того, обойти стороной передовые методы получения энергии мы просто не можем – за ними будущее!**

**Е**сли вы думаете, что энергию ветра стали использовать только в современном мире, то вы глубоко ошибаетесь. Ещё в I–II веках до нашей эры в Месопотамии стали появляться первые прототипы ветряных мельниц для перемалывания зерна в муку, одновременно это изобретение начали осваивать древние египтяне. Уже в Средние века ветряные мельницы массово стали распространяться в Европе. Поэтому энергия ветра давно знакома человечеству.

Однако в те времена энергия ветра приносила людям лишь незначительную пользу. Это был скорее не источник чистой энергии, а облегчение ручного труда. Своеобразные «лишние руки», которые, например, перемалывали зерно. Только XX век принёс революционные открытия, которые позволили «превратить» ветер в электричество.



Сегодня энергию ветра «добывают» на удивление просто и эффективно. Главный инструмент ветрогенерации – ветроэлектрическая установка. На первый взгляд, «ветряк» слабо отличается от своих знаменитых предков – мельниц, с которыми сражался ещё Дон Кихот. Грубо говоря, это гигантские пропеллеры, установленные на высоком «постаменте».

Однако сходство лишь внешнее – начинка за века серьёзно поменялась. Давайте разберёмся.

Одно из важнейших условий эффективной работы ветрогенератора – правильно выбранное место установки. Конечно, лучшее решение – разместить «ветряк» в местности, где постоянно дуют ветра. Это горы и холмы, берега морей и океанов и другие аналогичные условия. Также для получения наиболее высоких результатов лопасти пропеллера (крыльчатки) устанавливаются в необходимое положение в зависимости от направления и силы ветра.

Как работает ветряк? Всё элементарно! Воздушные массы вращают пропеллер, который приводит в движение ротор, находящийся внутри статорной обмотки. Таким образом, вырабатывается



электрический ток. Конечно, любой пропеллер для ветрогенератора не подойдёт. Лопасти «ветряка» – это настоящий инженерный шедевр, обладающий уникальными аэродинамическими свойствами. Каждая лопасть с одной стороны ровная, а с другой закруглённая. Воздух проходит закруглённую сторону, создавая вакуум, засасы-



вающий лопасть и уводящий её в сторону. За счёт этой энергии возникает общий крутящий момент. Кстати, лопасти можно настраивать! В зависимости от направления и силы ветра их можно установить в оптимальное положение, чтобы получить наибольший эффект. Если ветер слишком сильный, меняется угол атаки лопастей, чтобы механизм не был разрушен стихией.

Сколько удастся «накрутить» энергии, зависит от скорости вращения лопастей и движения воздушного потока. Очевидно, что ветер — явление весьма нестабильное. Он появляется и исчезает независимо от человеческих планов. Такое «поведение» стихии может, соответственно, снижать или увеличивать количество получаемой электроэнергии. Когда ветряная электростанция обеспечивает энергией населённые пункты, промышленные предприятия или другие важные объекты инфраструктуры, нельзя на 100% зависеть от воли ветра. Поэтому между генератором и электросетью сети обычно установлены аккумуляторные батареи (АКБ) и инверторы. Сначала генератор заряжает АКБ (равномерность тока не имеет значения). Далее заряд аккумулятора, преобразованный в инверторе, передаётся в сеть.

Теперь вы знаете, как устроены ветряки. Но почему же применение энергии ветра стало таким

популярным? Дело в том, что ветроэнергетика имеет ряд неоспоримых плюсов. Первый (и самый важный) заключается в том, что ветер — это ресурс неисчерпаемый. Он может быть слабым или сильным, однако закончиться он не может, как, например, месторождение угля или нефти. Во-вторых, ветряки абсолютно безвредны для экологии и человека — никаких выбросов в атмосферу, водную среду или грунт, а также вредного излучения. Третье преимущество — достаточно высокая эффективность. Ветрогенерация соперничает с атомной энергетикой! Однако АЭС в случае поломки могут погубить много людей, а ветряки на такое не способны.

Конечно, передовики ветрогенерации сегодня — европейцы. Настоящие леса из ветряков можно встретить в Дании, Португалии, Испании, Германии. Их догоняют Китай, США и Индия.

Теперь вы знаете, что альтернативные источники энергии — это будущее человеческой цивилизации. Возможно, они позволят отказаться от опасных и неэкологических источников энергии, таких как уголь, нефть, газ или атомная энергия. Пользоваться ветром, Солнцем или водой можно бесконечно, а главное, не менее эффективно, чем привычными ресурсами. Но нужно немного смекалки и желания.

# ПОДУМАЙ И РЕШИ



## По горизонтали:

1. Специалист в области глазных болезней.
4. Изменение цвета кожи, вызванное воздействием ультрафиолетового излучения.
6. Специалист, чьей зоной ответственности является проектирование освещения для пространства.
8. Болезненное восприятие световых пучков глазами.
11. Материал, из которого изготавливают оптические элементы для светодиодов.
13. Какая величина нормируется в дорожном освещении?
14. Древний светильник из просмоленной палки.



*По вертикали:*

- 2. Что называют зеркалом души?
- 3. Внутренняя оболочка глаза.
- 5. Отверстие в центре радужки глаза, выполняющее функцию диафрагмы.
- 7. Что должно обеспечивать дорожное освещение?
- 9. Дезинфекция ультрафиолетовым излучением.
- 10. Как в разговорной речи называют летательные аппараты без экипажа на борту?
- 12. Что приводит в движение пропеллер ветряка при вращении?

# СВЕТОТЕХНИЧЕСКАЯ ВИКТОРИНА

Самые сложные и познавательные материалы пятого номера нашего журнала позади. Настало время проверить полученные знания. Мы предлагаем вам решить небольшой тест, состоящий всего из одиннадцати вопросов. Вам необходимо внимательно прочитать вопрос и выбрать один из трёх вариантов ответа. Небольшая подсказка – все ответы можно найти на страницах нашего журнала!

**Какова величина угла между плоскостью дороги и направлением наблюдения яркомера при измерениях яркости дорожного покрытия?**

*Вопрос №1*

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. 2 минуты;
- Б. 1°;
- В. 5°.

**ЭТО ЛЕГКО!**

*Вопрос №2*

**В конце какого века был произведён полый световод?**

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. XVII;
- Б. XVIII;
- В. XIX.

**СКОРЕЕ РЕШИ!**

*Вопрос №3*

**Какое преимущество имеет призматическая плёнка SOLF, нанесённая на внутреннюю поверхность трубчатого корпуса световода?**

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Практически полное отражение падающего света;
- Б. Большой срок службы;
- В. Невысокая стоимость.

**ВЫБЕРИ ПРАВИЛЬНЫЙ**

*Вопрос №4*

**Что из перечисленного не является частью глаза?**

*Вопрос №5*

**Как называется способность глаза различать предметы на разном расстоянии?**

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Глазомерность;
- Б. Дальнозоркость;
- В. Зрительная аккомодация.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Радужка;
- Б. Хориоидея;
- В. Малярное тело.

*Вопрос №6*

Ультрафиолетовое излучение какого диапазона оказывает выраженное действие на человека, вызывая синтез меланина и образование витамина D?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. УФ-А;
- Б. УФ-В;
- В. УФ-С.

*Вопрос №7*

Назовите альтернативный источник энергии.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Ветер;
- Б. Песок;
- В. Град.

**ВКЛЮЧАЙСЯ**

*Вопрос №8*

Как называется процесс установки полупроводниковых кристаллов в корпус?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Корпусирование;
- Б. Кристаллирование;
- В. Сварка.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Космическая пыль;
- Б. Озоновый слой;
- В. Облака.

*Вопрос №9*

Что препятствует проникновению ультрафиолетового излучения на Землю?

В каком виде представляет результаты измерений яркомер с матричным приёмником?

*Вопрос №10*

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Яркостное изображение;
- Б. Карта местности;
- В. График зависимости яркости от времени.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- А. Кроны;
- Б. Бароны;
- В. Дроны.

*Вопрос №11*

Как иначе называют беспилотные летательные аппараты?

# ГОРОД КАК ПРОИЗВЕДЕНИЕ ИСКУССТВА

**В последние годы в городской атмосфере Москвы произошли радикальные изменения: появилось множество пешеходных улиц, свободных от движения транспорта, было значительно расширено тротуарное пространство, улучшено уличное освещение. Всё это способствовало, наряду с другими преобразованиями, превращению столицы в мировой туристический центр, а значит и резкому росту числа пешеходов на улицах города, как москвичей, так и гостей города, причём не только в светлое время суток, но и вечером и даже ночью. О том, как за последнее время изменился вечерний и ночной облик Москвы, рассказал нашему изданию автор новой концепции освещения архитектурных доминант столицы России известный немецкий светодизайнер Карстен Винкельс. Благодаря творчеству его команды из компании «СветоПроект» знаменитые московские послевоенные высотки — «Семь сестёр», как их называют москвичи, — предстали перед горожанами и гостями столицы в совершенно новом вечернем и ночном световом наряде.**

**Б**ез сомнения, почти каждый из вас, наши юные читатели, любит гулять по своему родному городу, разглядывать новые и старинные здания, общественные территории, памятники известным людям или архитектуру малых форм. Всё это хорошо различимо днём, когда светит солнце, а вечером и ночью вся эта красота остаётся в тени, и уличное освещение, предназначенное фактически только для подсветки тротуаров и проезжей части, не даёт возможности оценить всю красоту работы архитекторов.

В последние десятилетия, в том числе и благодаря появлению разнообразных и мощных светодиодных светильников, у архитекторов и светотехников появилась возможность красочно и разнообразно освещать любые городские сооружения — от обычной пятиэтажки до телевизионной башни высотой несколько сотен метров. Вместе с этими возможностями на стыке светотехники и искусства возникла новая профессия, а «носителей» этой творческой дисциплины стали называть светодизайнерами.

## Освещение сталинских высоток

Карстен Винкельс поставил перед собой и своим коллективом из компании «Светосервис» задачу подчеркнуть с помощью света архитектурные и конструктивные особенности семи московских высоток (рисунок 1–7), сделать их произведениями не только архитектуры, но и светового искусства.

Для новой подсветки построенных в стиле так называемого «сталинского ампира» семи высоток был разработан масштабный проект.

Интересна сама история освещения семи московских высоток, построенных в 50-х годах прошлого века. До 90-х годов эти здания снаружи практически не освещались. В 1993–1996 годах было создано первое «инсценированное» наружное освещение с имеющейся в те времена довольно



Рисунок 1. Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова



Рисунок 2. Здание Министерства иностранных дел



Рисунок 3. Жилой дом на Котельнической набережной



Рисунок 4. Гостиница Украина (Radisson Collection)



Рисунок 5. Гостиница Ленинградская (Hotel Hilton)



Рисунок 6. Жилой дом на Кудринской площади

простой технологией подсветки: использовались прожекторы с металлогалогенными и натриевыми лампами, которые устанавливались на фасадах и у подножия зданий.

На момент начала новых работ по подсветке этих зданий освещение высоток очень сильно и морально, и технически устарело: установленные светильники отжили своё за почти два десятилетия непрерывной работы. Да и цветовая гамма устаревшего освещения была только монохромной: использовались только два цвета — белый и жёлтый.

Новая концепция подсветки высоток, разработанная Карстенем Винкельсом, — это очень большой и сложный проект, над которым работали по поручению городского правительства десятки архитекторов, светодизайнеров и электротехников. Сам немецкий светодизайнер не только разработал общую концепцию подсветки высоток, но и руководил работой этого большого коллектива.

Вместо жёлтого цвета, в который окрашивались высотки при прежней системе подсветки, светодизайнером была разработана многоуровневая



Рисунок 7. Жилой дом у Красных ворот

модульная концепция освещения: были применены оттенки белого, красного, рыжего, зелёного и синего (рисунок 8). При этом для каждой из семи «сестёр» готовился индивидуальный проект подсветки.

Авторы нового проекта освещения практически год изучали московские высотки: особенности их архитектуры, применённые при отделке зданий материалы, окружающее монументальные здания пространство и многое другое. С помощью со-





Рисунок 8. Визуализация освещения высоток

временного оборудования было произведено лазерное объёмное сканирование для определения в процессе проектирования наилучших сценариев освещения, причём объём зданий сканировался в различных погодных условиях, в разные времена года и время суток. Были сделаны сотни фотоснимков зданий со многих точек в различных перспективах, в том числе с использованием дронов.

Учитывалось окружение высоток: наличие и форма соседних зданий. Рассматривалась общая панорама объекта вместе с окружающим пространством из различных точек города, откуда можно было видеть освещаемый объект.

У Карстена Винкельса своя особая методика работы с освещаемыми архитектурными объектами: под каждый из них светодизайнер подбирает произведение живописного искусства из работ самых известных мировых художников. На основе цветовой палитры выбранной картины он находит цветовую гамму для освещения здания. Как говорит сам мастер, художественный образ помогает ему выбрать нужную цветовую концепцию, ведь гении не ошибаются.

Так для подсветки здания Министерства иностранных дел светодизайнер выбрал образ Петра I (рисунок 9), для гостиницы Украина — «Русскую красавицу» Константина Маковского и «Молочницу» Яна Вермеера (рисунок 10).

Как и в каждой картине художника, в большом архитектурном произведении много «слоёв», дающих возможность активно работать со светом и оттенками, а их более двух тысяч, считает светодизайнер.

С новой подсветкой здания меняют свой облик в зависимости от времени суток. Цветовая гамма меняется, и по-разному освещаются московские



Рисунок 9. Визуализация освещения здания МИД и портрет Петра I, вдохновившего светодизайнера



Рисунок 10. Здание гостиницы Украины и картины «Русская красавица» и «Молочница», вдохновившие светодизайнера

высотки в будни (рисунок 11), выходные и праздничные дни (рисунок 12). Вечером освещение включается постепенно: оно синхронизировано со временем наступления темноты в разные времена года. Ночью интенсивность подсветки значительно снижается.

Карстен Винкельс считает, что московские высотки — это не просто доминанты в архитектуре столицы, а настоящие драгоценности, нуждающиеся в соответствующей оправе, роль которой и должна



Рисунок 11. Повседневное освещение МГУ

выполнять новая интеллектуальная подсветка. Освещение должно ещё больше раскрыть замысел архитекторов, выявить все изыски сложных фасадов, подчеркнуть богатые материалы облицовки зданий высоток, украсить город и доставить хорошее настроение горожанам и многочисленным гостям столицы. Поэтому автор концепции со своей командой с грустью принимают тот факт, что на сегодняшний день по разным причинам не все идеи и задумки, существующие на бумаге, реализованы.

## В чём заключается работа светодизайнера?

Карстен Винкельс также рассказал, в чём заключается работа светодизайнера. Прежде всего, светодизайнер — это не светотехник, хотя он должен знать очень многое из того, что знает и умеет светотехник, в том числе технические параметры светильников, физическую природу света, законы распределения света в пространстве и многое другое. Светодизайнер должен хорошо разбираться в архитектуре и в других видах визуального искусства. Такой специалист, прежде всего, должен хорошо представлять себе, что он хочет получить в результате реализации проекта.

Первое, с чего начинается работа над проектом светодизайнера, — это его эмоциональное впечатление от архитектурного сооружения, над освещением которого он будет работать. Нужно всё обдумать и предусмотреть: учесть архитектуру сооружения и окружающую среду, представить всю панораму с учётом рядом стоящих зданий и других сооружений, растительности, виды на объект освещения



Рисунок 12. Праздничное освещение жилого дома на Котельнической набережной: только верхушки светятся золотом

под разными ракурсами. Обязательно необходимо учесть, в каком стиле построено сооружение.

Затем светодизайнер изготавливает макет освещаемого объекта или создаёт его визуализацию на компьютере.

После отработки макета или визуализации автору проекта надо понять, какими техническими средствами можно реализовывать проект. Он должен определить, какие и с какими параметрами светильники будут использованы, из каких материалов сделана отделка здания и как она будет «реагировать» на определённое освещение поверхности.

Если в проекте используется динамическое освещение, то необходимо продумать, как разные цвета световых лучей будут отражаться от различных поверхностей и сохранится ли при этом задуманный цветовой сценарий.

Не всегда компьютерная визуализация или макет могут дать полную картину реализуемого проекта — некоторые детали решаемой задачи необходимо опробовать на натуре. При этом, возможно, будет необходима дополнительная цветовая коррекция.

Затем к работе приступают инженеры, под руководством светодизайнера продумывают все технические детали: как проложить питающие кабели, как закрепить светильники, рассчитать потребляемую мощность и т. д.

После одобрения проекта заказчиком начинается реализация проекта: закупка и монтаж оборудования, разработка и настройка компьютерной программы, отработка сценариев освещения на освещаемом объекте.

Завершается работа сдачей проекта заказчику.

# УЧИМСЯ ПРОЕКТИРОВАТЬ ОПТИКУ В ПРОГРАММЕ PHOTORIA

**Создание оптических элементов для светодиодов является одной из актуальных тем в мире светотехники. Современные компьютерные программы, технологии производства и материалы позволяют рассчитать, а затем производить вторичную оптику, которая позволит эффективно освещать и дороги, и архитектурные сооружения. Об этапах проектирования светодиодной оптики в программе Photoria нам поведал разработчик оптических элементов Алексей Пожидаев.**

Давайте рассмотрим обычный день проектировщика оптики. Какую задачу выполняет человек, который проектирует оптические элементы для светодиодов? Он должен сделать так, чтобы свет попал во все необходимые места. Как определить эти необходимые места? И кто их определяет? Люди, которые занимаются проектированием освещения, знают различные стандарты, регламентирующие количество света, которое должно попадать на различные поверхности, например, дороги, если это уличное освещение, или картины, если это музейное освещение. Они и являются постановщиками задач для разработчиков оптики. Чаще всего у проектировщика есть целевая кривая – необходимое светораспределение, которое он и должен получить в результате прохождения света от светодиода через оптический элемент. Давайте попытаемся решить следующую задачу, которую сформулируем на более простом языке:

существует площадка с размерами 100 x 100 метров, в углах которой находятся ребята: Петя, Вася, Маша и Катя (рисунок 1). В центре площадки на высоте 10 метров находится светодиодный светильник. Необходимо сделать так, чтобы ребятам досталось одинаковое количество света от светильника.

Если в светильнике у светодиодов не будет никакой оптики, то он будет иметь практически косинусное светораспределение (рисунок 2). Свет будет идти под углами, которые нам не нужны. Задача проектировщика оптики – направить свет в те места, где находятся рабочие поверхности, где находятся люди, чтобы они могли что-то увидеть. В нашем случае – направить свет в сторону ребят.

Каким образом это можно сделать? Спроектировать и изготовить оптический элемент, который и направит свет в нужном направлении! На рын-



Рисунок 1. Площадка, которую необходимо осветить

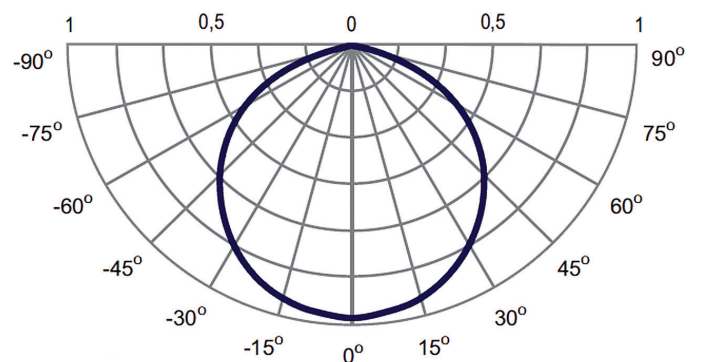


Рисунок 2. Светораспределение светодиодного светильника без оптики

ке существует большое количество программ, в которых можно проектировать оптику. Какие-то из них более лёгкие и не требуют постоянного участия человека. К таким программам относятся TracePro, LightTools, Zemax. В них процесс оптимизации оптики по таргетированным характе-

ристикам производится автоматически. То есть разработчик расставляет цели, приоритеты, области, которые он хочет осветить, вводит некоторые входные параметры и в результате долгих расчётов программа выдаёт модель линзы. Программа Фотопия (Photopia) от американской компании LTI Optics считается более сложной программой для создания оптических элементов, потому что большинство параметров настраивается человеком вручную. Это даёт и ряд преимуществ для более детальной проработки и тщательного контроля всех этапов проектирования оптических элементов. Поэтому для профессионального расчёта оптических элементов для светодиодов программа отлично подходит. Её функционал мы и рассмотрим в настоящей статье.

освещения теплиц используются светодиоды с определённым спектром. Конечно же, разные светодиоды имеют разное светораспределение, габариты, что нужно учитывать на первоначальном этапе. Если светодиод имеет большие габариты светящей поверхности, то с ней сложнее сфокусировать свет. При этом и оптические элементы будут иметь большие габариты. Эти тонкости знает уже разработчик оптики, поэтому какие-то советы может дать именно он, так как понимает, какое распределение возможно получить с тем или иным светодиодом.

Затем необходимо нарисовать в программе какую-то предварительную форму, куда физически должен помещаться светодиод. Также проектировщик оптики вводит в программу какие-то начальные параметры, характеризующие светораспре-

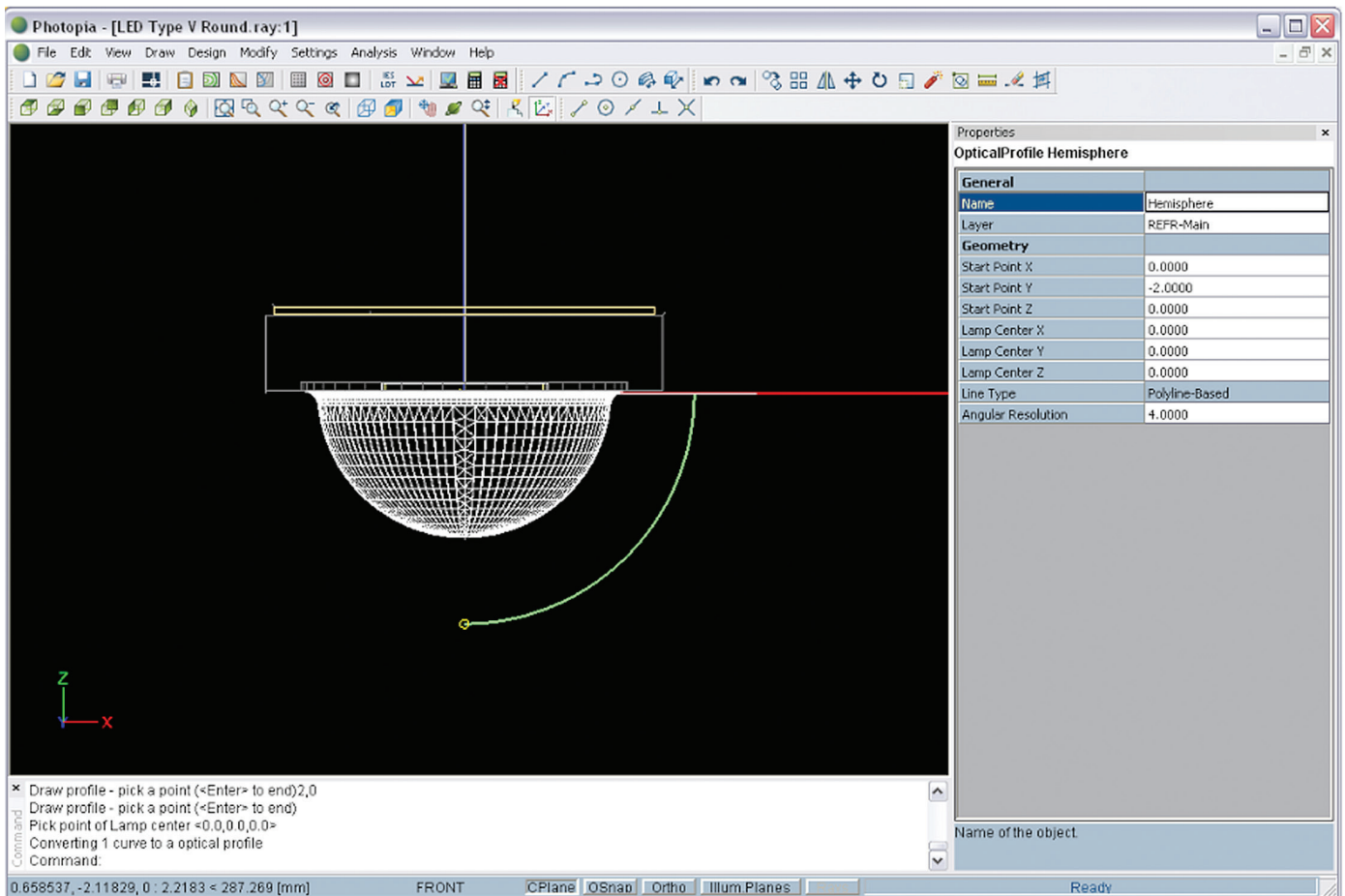


Рисунок 3. Выбор светодиода в программе Фотопия

Работа по проектированию оптики начинается с выбора светодиода (рисунок 3). Чаще всего эта задача уже решена теми людьми, которые составляют техническое задание: они указывают, какие светодиоды возможны для применения. Из каких соображений выбираются светодиоды? Для каких-то целей, например, для освещения спортивных объектов, нужен высокий индекс цветопередачи. Для

деление, которое должно получиться. Существует множество технологий, методов по разработке и дизайну оптики. Это могут быть различного вида линзы, рассеиватели и т. д. То есть одно и то же светораспределение можно получить различными методами. Воспользуемся методом линз свободной формы для создания нашей линзы: то есть создадим гладкую линзу, имеющую по всей своей поверхно-

сти некоторую несимметричную структуру, которая направит свет необходимым для нас образом.

В основе наших расчётов лежит закон Снеллиуса – простой закон, который характеризует преломление света на границе двух сред (рисунок 4).

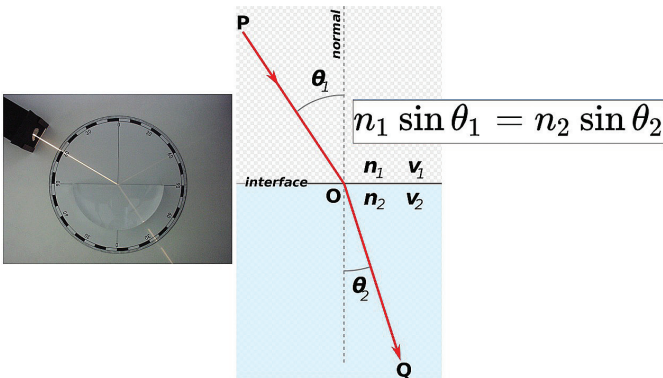


Рисунок 4. Закон преломления Снеллиуса

тём вращения сформирует внешнюю поверхность линзы (рисунок 5). Каждый участок этой кривой разбивается на «отрезки», которые путём искривления контролируют свет в некоторой области.

Метод расчёта на этом этапе довольно примитивный: программа считает, что светодиод – светящаяся точка. Программа исходя из этих соображений выдаёт предварительную кривую, по которой будет вращаться линза.

Для получения достоверных результатов проектирования очень важно загрузить в программу точные исходные данные. Иначе оптика не будет работать так, как хотелось бы. Поэтому в программе есть база с достаточно корректными моделями светодиодов. Например, так как программа учитывает свет, который после отражения падает обратно на светодиод, модель содержит информацию

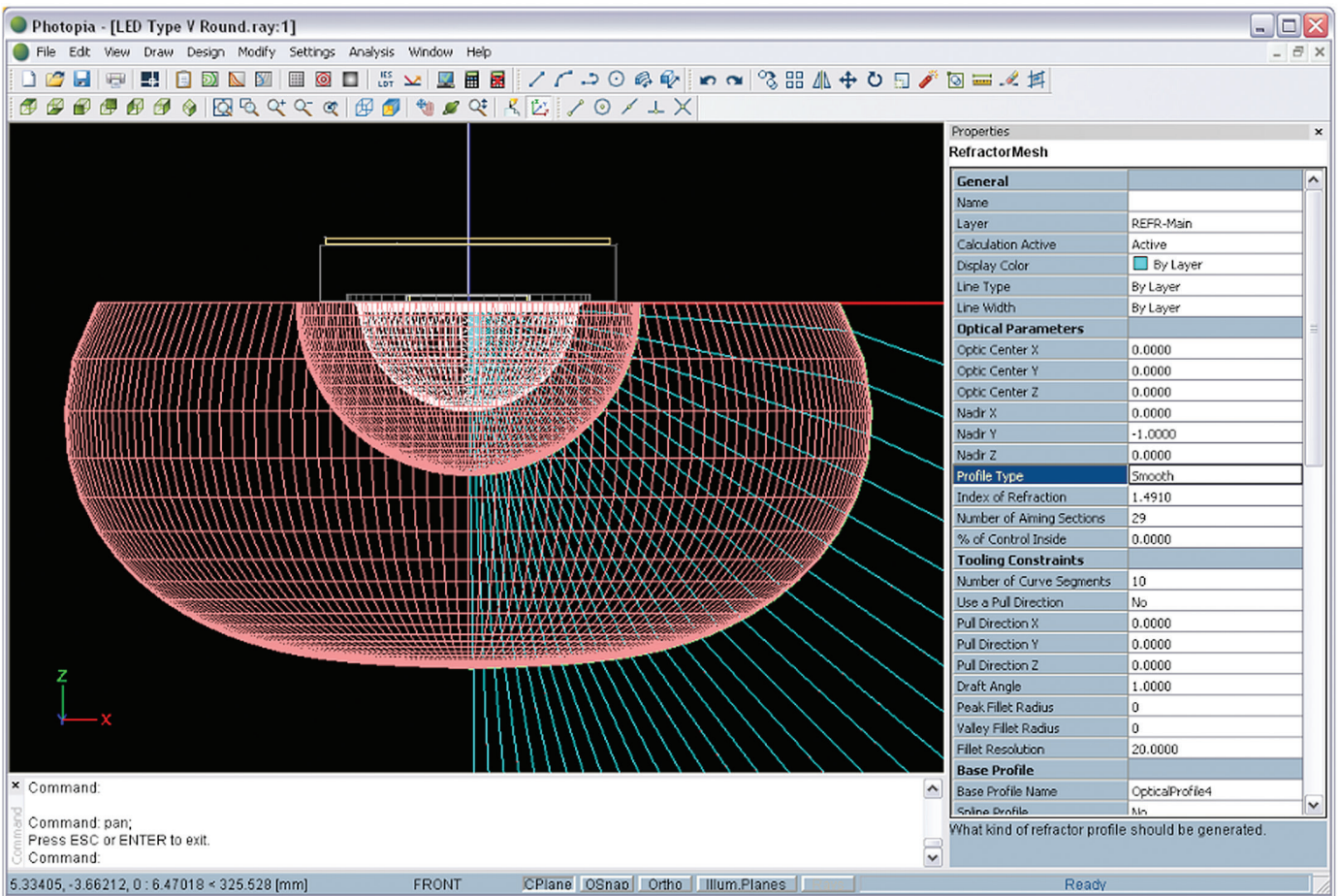


Рисунок 5. Формирование внешней поверхности линзы

Свет выходит из светодиода и попадает на внутреннюю поверхность линзы, где происходит преломление согласно закону Снеллиуса. Затем свет преломляется на второй поверхности оптического элемента и выходит из него. Вторую (внешнюю) поверхность мы и будем изменять. Для её формирования необходимо «прочертить» кривую, которая пу-

и об этих свойствах светодиода. Также в программе есть база материалов, которые делятся на 3 типа: отражающие, преломляющие и пропускающие. Зададим линзе материал акрил с коэффициентом преломления 1,49 (рисунок 6).

Для формирования светораспределения созданной системы «светодиод + линза» необходи-

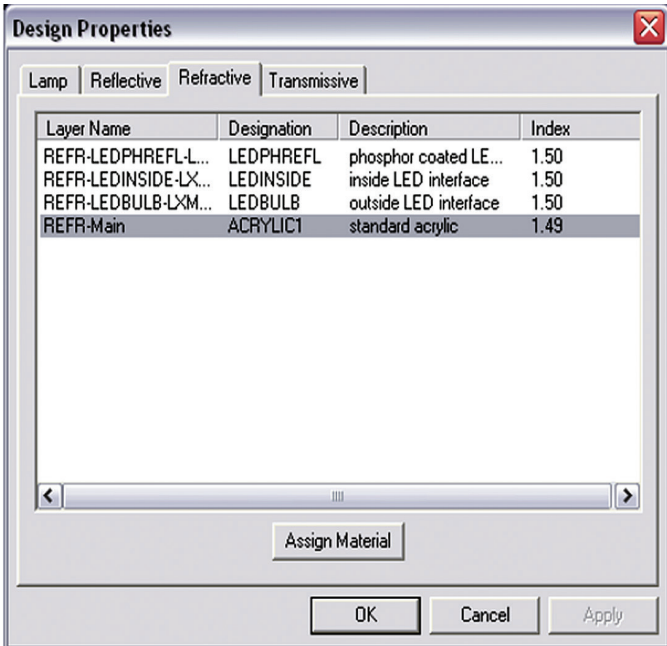


Рисунок 6. Выбор материала для оптического элемента

можно выбрать, в каком виде и формате оно должно быть представлено (рисунок 7). То есть программа выполняет роль гониофотометра, который по некоторому стандарту принимает все испускаемые оптической системой лучи. Также необходимо задать шаг по углу, с которым виртуальный гониофотометр будет проводить измерения. Сформированный файл

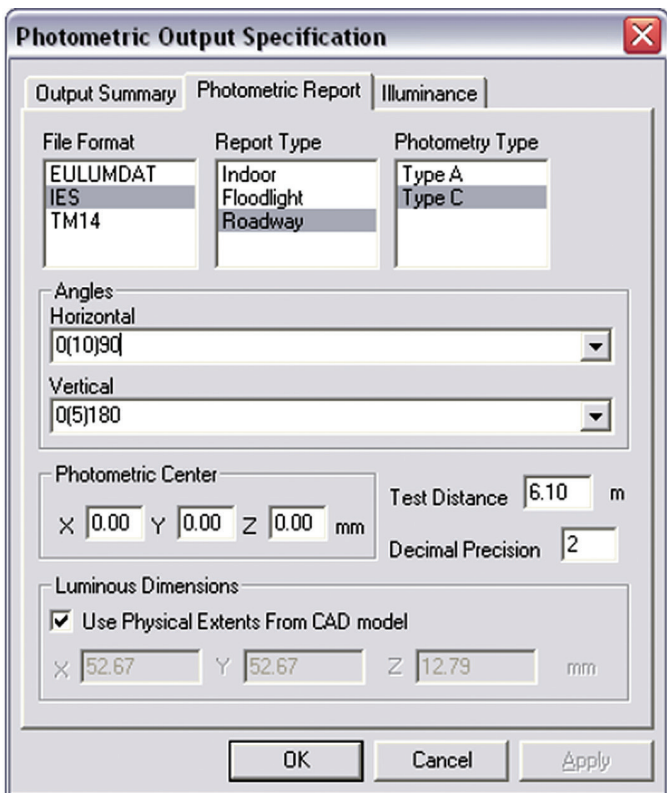


Рисунок 7. Настройка параметров формирования итогового светораспределения

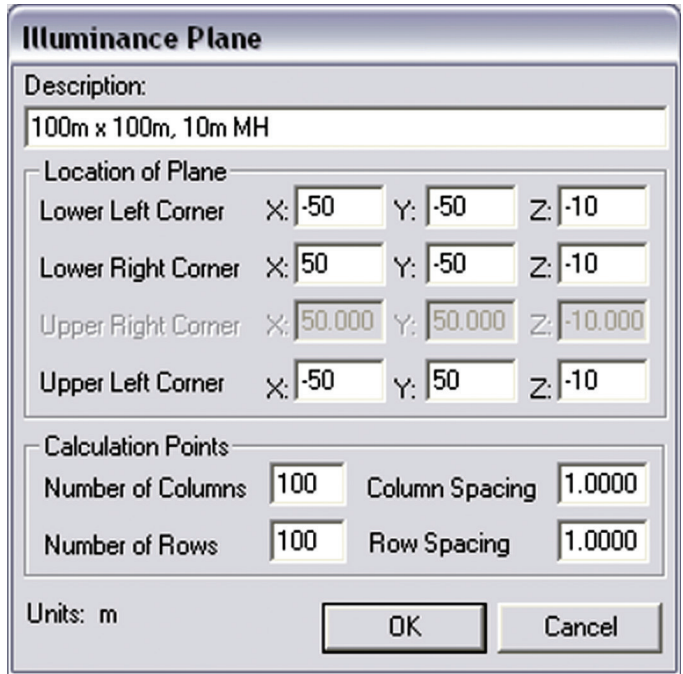


Рисунок 8. Создание площадки 100×100 метров

и позволит сделать вывод о том, насколько правильно была спроектирована линза.

Создав площадку 100×100 метров и поставив оптическую систему над площадкой на высоте 10 метров, можно проанализировать, достанется ли достаточно света Пете, Васе, Маше и Кате.

Программа проводит расчёты оптических систем по принципу трассировки лучей: источник (светодиод) испускает луч в некотором направлении, затем луч при попадании на границу раздела двух сред порождает два луча – отражённый и прошедший. Такой процесс двухлучевого преломления происходит с каждым порождённым лучом на границе раздела двух сред. При этом интенсивность лучей снижается. Программа продолжает учитывать пересечения лучей с поверхностями до тех пор, пока их интенсивность не достигнет некоторого критического значения, которое можно задать вручную в программе. Также можно ограничить и количество преломлений одного луча. Таким образом, программа учитывает огромное количество лучей, которые испускает светодиод. Их количество также можно задать вручную. В свою очередь виртуальный гониофотометр учитывает интенсивность всех лучей, попавших в ту или иную часть пространства.

Если для расчётов задать слишком большое количество лучей, испускаемых светодиодом, либо большое количество учитываемых преломлений, то компьютер может не справиться с такими объёмами информации. Поэтому необходимо находить

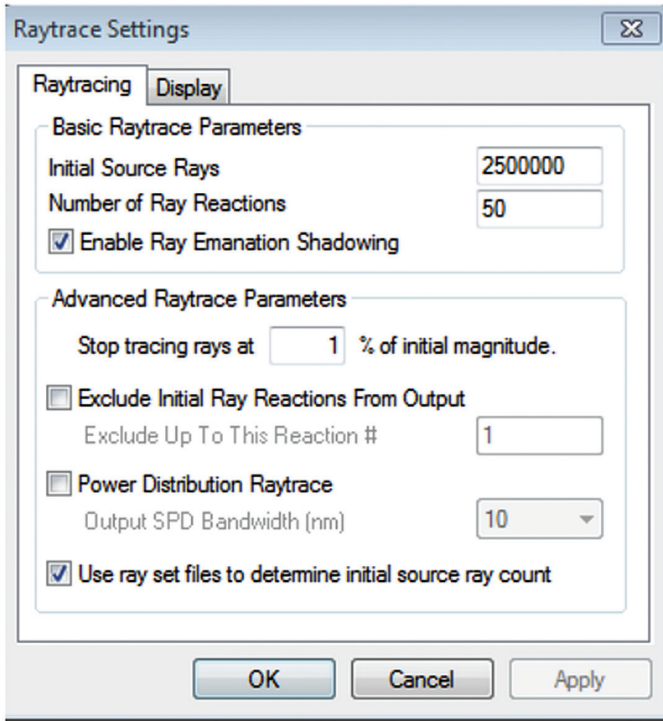


Рисунок 9. Настройка параметров трассировки лучей

некоторый оптимум. Для проведения предварительных расчётов будет достаточно 2 500 000 лучей от светодиода (рисунок 9). Для получения итогового файла, когда линза будет готова, в расчётах будет принимать участие большее количество лучей.

светораспределения. В оптимизаторе можно проводить манипуляции с различными областями полученной кривой. Программа использует систему весов (обозначены жёлтым цветом) (рисунок 11) – параметров, значения которых говорят нам о том, насколько важен определённый угол для итогового светораспределения. Чем больше его значение, тем большее количество света находится в этой области.

Например, в нашем случае в угле  $0^\circ$  значение силы света большое, и мы хотим его уменьшить. Пользуясь описанной системой весов, уменьшаем световой поток, который идёт в этом угле. После модификации линзы происходят изменения и в светораспределении (рисунок 12).

Как вы убедились, разработать 3D тело линзы – задача не из лёгких. Но проблема заключается не только в сложности проведения математических расчётов. Необходимо помнить о том, что иногда произвести спроектированную линзу чисто физически не представляется возможным, потому что есть какие-то технологические ограничения. Оптические элементы производятся путём заливания материала в горячем (жидком) виде в специальную пресс-форму. Разработанная нами линза имеет уклон, который на производстве просто нельзя будет пролить (рисунок 13).

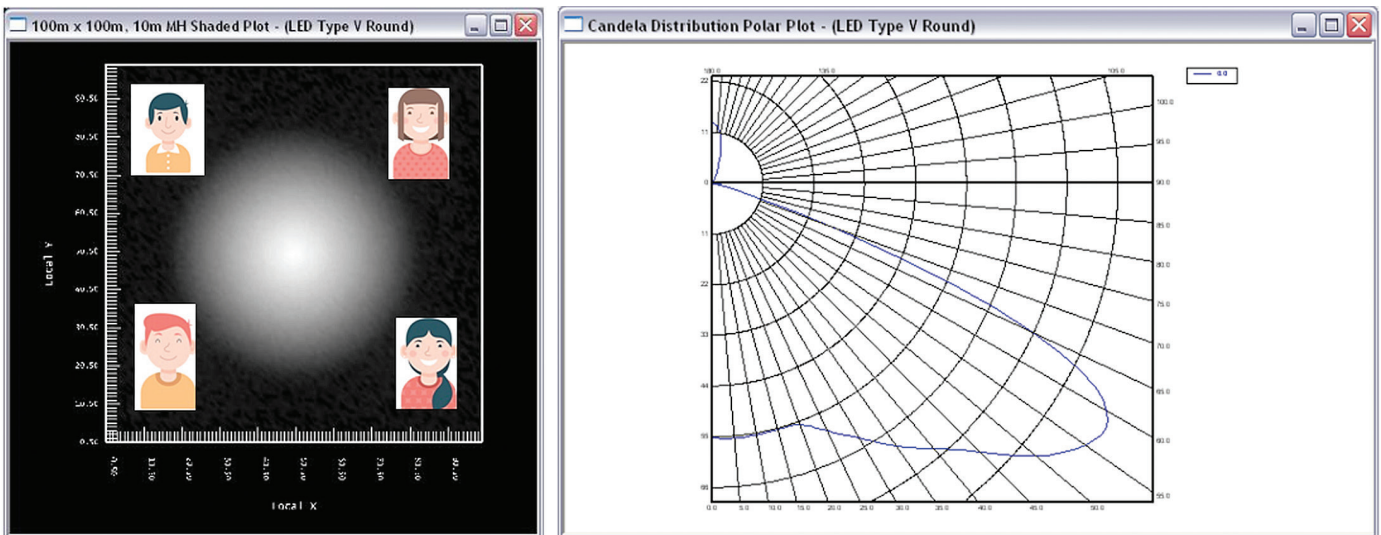


Рисунок 10. Светораспределение созданной линзы (1-ый этап проектирования)

В итоге мы получили некоторое светораспределение, но оно нас не устраивает (рисунок 10): в плоскости площадки получилось какое-то пятно, однако свет до ребят практически не доходит.

Для проведения изменений применяется оптимизатор, который позволяет модифицировать линзу в различных её частях, чтобы добиться нужного

Поэтому при проектировании оптических элементов необходимо заботиться не только об их оптических характеристиках, но и о технологии производства. Приходится искать компромисс. Уклоны линзы необходимо выравнять (рисунок 14), чтобы она могла быть вынута из пресс-формы при процессе производства. В действительности процесс

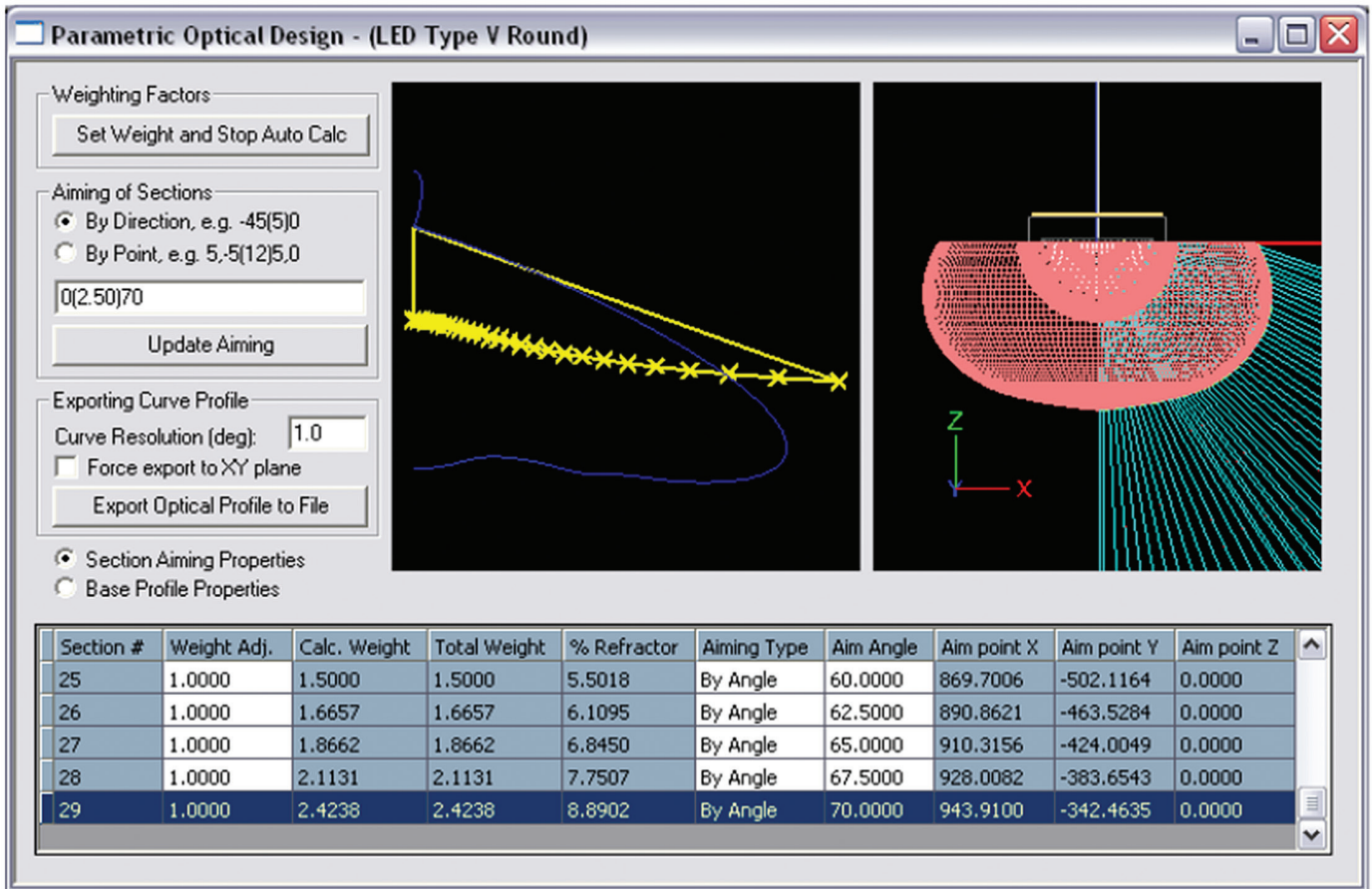


Рисунок 11. Система весов в оптимизаторе

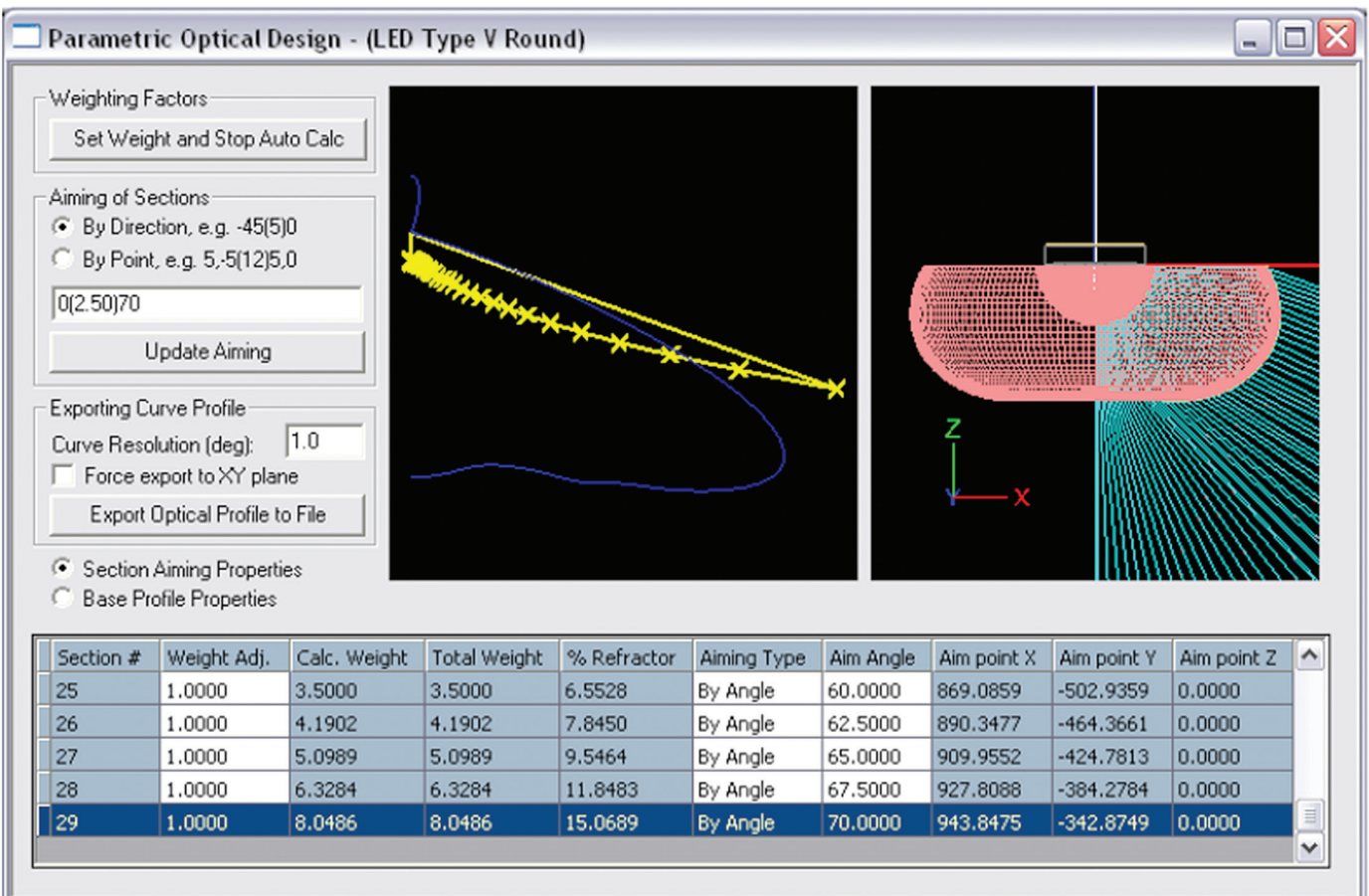


Рисунок 12. Корректировка линзы для уменьшения потока в направлении 0°



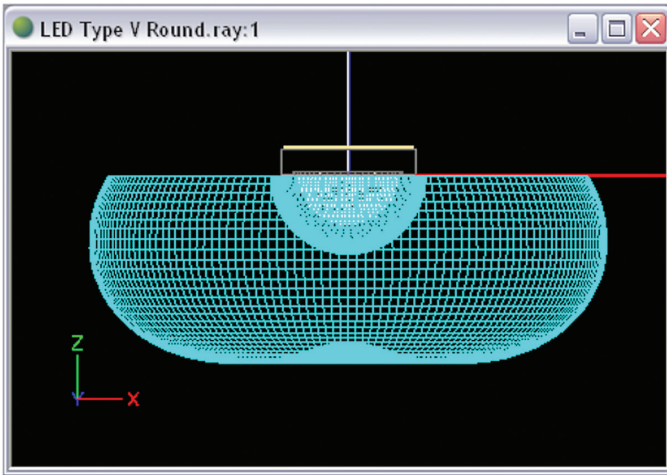


Рисунок 13. Линза с уклоном, не позволяющим произвести её литвём

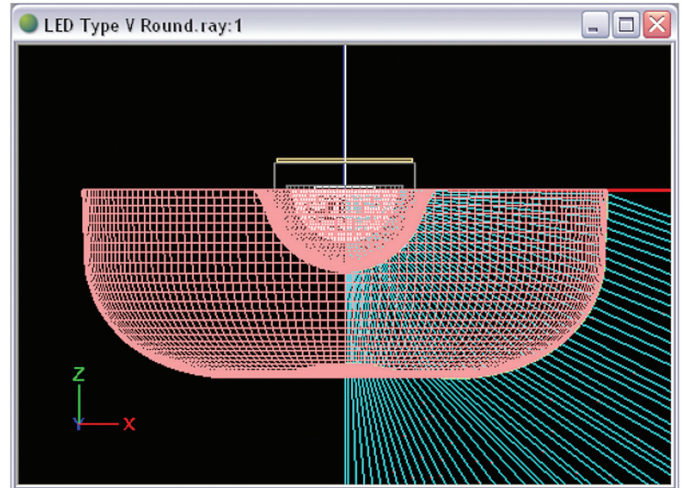


Рисунок 14. Модель линзы после выравнивания уклонов

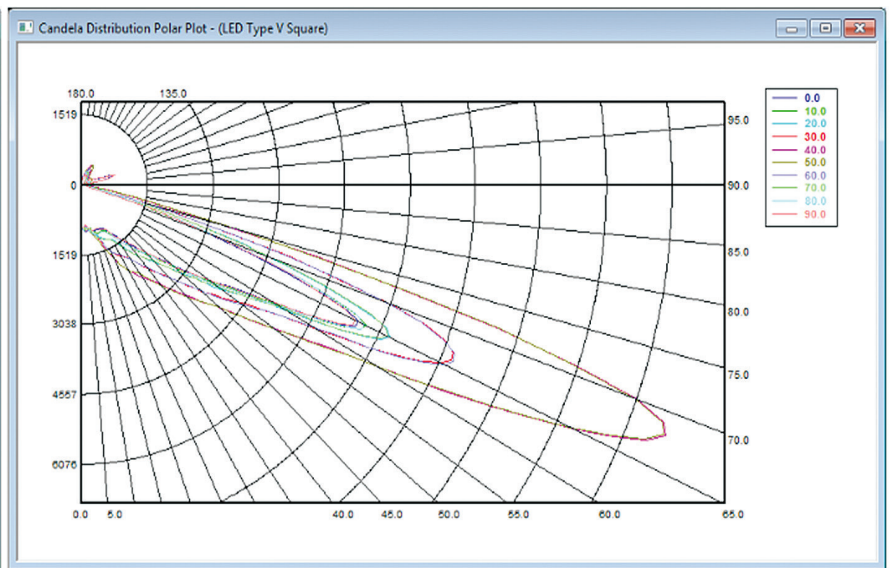
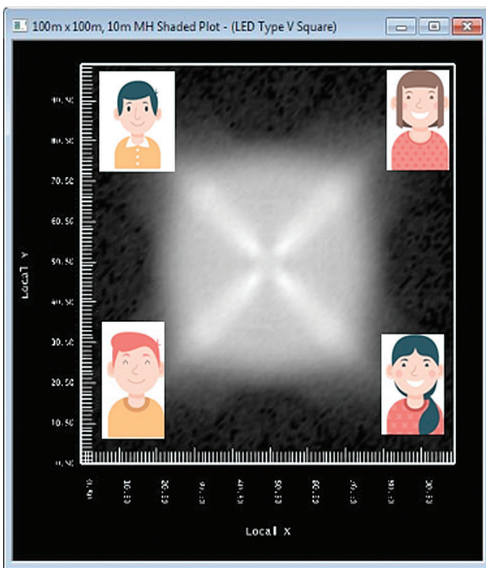


Рисунок 15. Светораспределение откорректированной линзы (2-ой этап проектирования)

проектирования практически всегда проходит в несколько итераций. Однако, чем больше опыт, тем больше шансов предвидеть какие-то моменты и сократить количество этих итераций.

После выравнивания уклонов изменяется и светораспределение системы (рисунок 15).

Полученное светораспределение всё ещё не устраивает нас. Хотелось бы более равномерно осветить квадратную площадку, чтобы пятно при этом было не круглым. Необходимо опять изменять параметры кривой в оптимизаторе. Имея соответствующий опыт проектирования и знания, можно понять, что квадратное пятно можно получить с помощью квадратной линзы. Для этого при проектировании необходимо создавать не одну линию и вращать линзу вокруг неё, а два профиля. Это позволит получить линзу необходимой формы (рисунок 16).

В итоге квадратное пятно получить удалось, но в пятне есть явная неравномерность, от которой необходимо избавиться (рисунок 17).

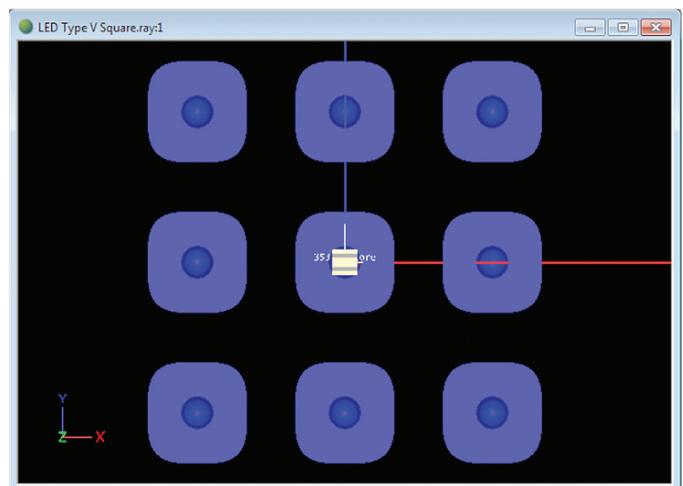


Рисунок 16. Создание линзы квадратной формы

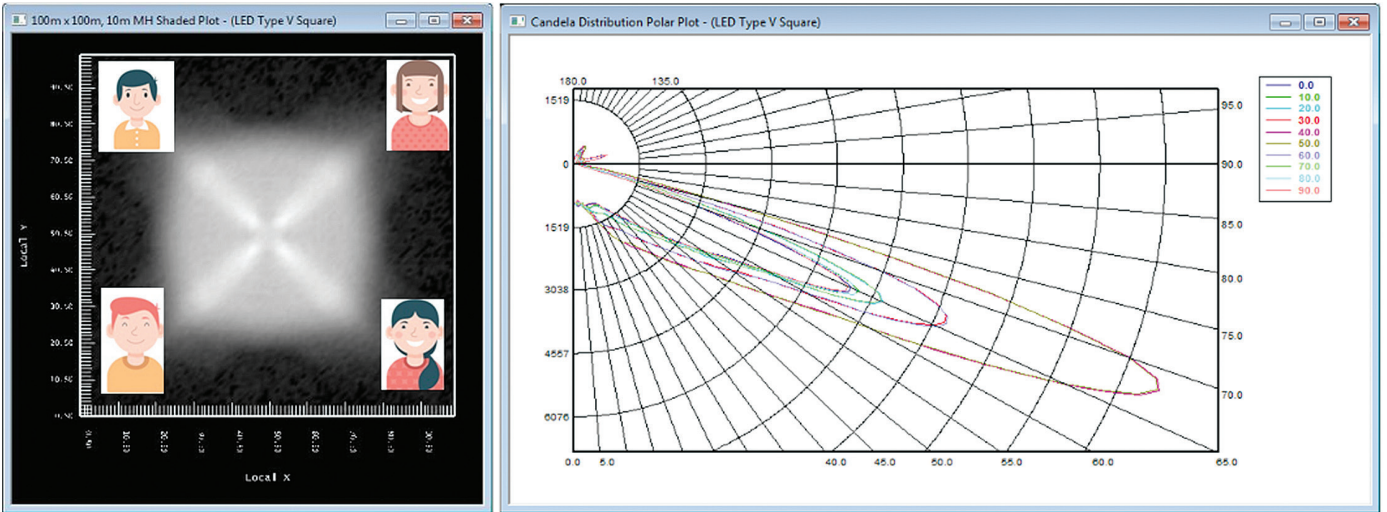


Рисунок 17. Светораспределение квадратной линзы (3-ий этап проектирования)

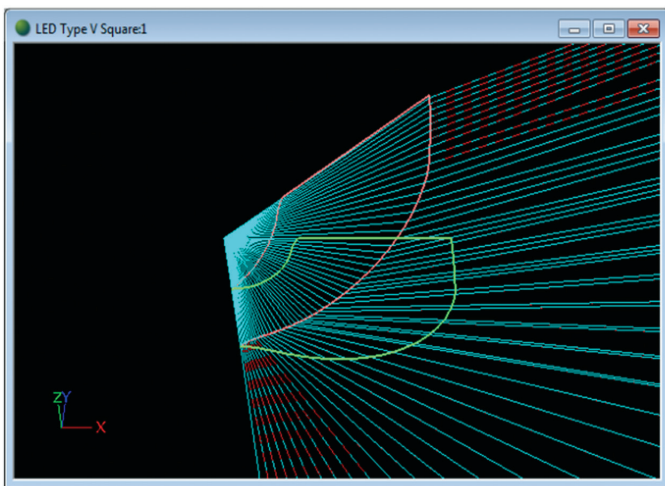


Рисунок 18. Корректировка образующих, формирующих квадратную линзу

Добиться приемлемой равномерности можно, изменяя одну из двух образующих, формирующих квадратную линзу (рисунок 18).

После корректировки образующей равномерность в плоскости площадки получалась достаточно приемлемой (рисунок 19). Поставленная задача решена!

Конечно, работа над реальной оптикой длится намного дольше. В нашем случае линза получилась очень простая. По международной дорожной классификации это линза типа V. Её можно использовать при освещении перекрёстков, площадей. По крайней мере, мы можем быть уверены, что Петя, Вася, Маша и Катя получили достаточное количество света и чувствуют себя комфортно.

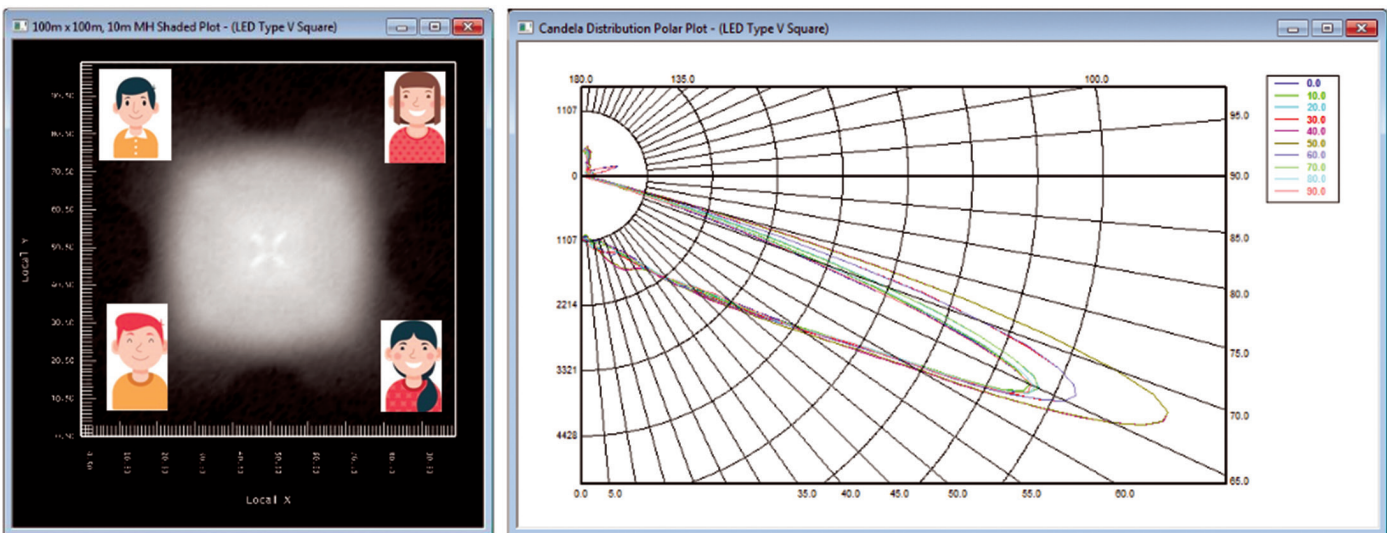


Рисунок 19. Светораспределение итоговой линзы (4-ый этап проектирования)

# ИЗ ТЬМЫ ВО СВЕТ ИЛИ ЧТО ТАКОЕ СВЕТОВАЯ АДАПТАЦИЯ

**Н**аш любознательный Светознайка продолжает исследовать окружающий его мир. Он уже знает, что в современном мире значение физики чрезвычайно велико, что физика — это целая наука о законах природы, которую ты, наш дорогой читатель, начнёшь изучать в школе и тогда откроешь для себя много нового интересного о том, что нас окружает. Ведь современный мир вокруг тебя очень отличается от мира древнего. Этот мир появился в результате применения на практике самых разных физических открытий и законов. И те, кто делал эти открытия, были очень наблюдательными, постоянно искали причины различных явлений, исследовали и, конечно, хорошо разбирались во множестве физических явлений, многие из которых связаны с природой света.

О свете и его свойствах Светознайка уже знает немало, но продолжает искать правильные ответы на вопросы, которые постоянно возникают.

Итак, что же произошло с нашим героем в этот раз?

Светознайка уговорил маму сходить в кино-театр на просмотр мультфильма «Три богатыря и Морской царь». Когда показ завершился, в кинозале внезапно вспыхнул яркий, заливающий весь зал свет. Это было неожиданно, так как обычно после завершения сеанса освещение включают постепенно. Но в этот раз, похоже, кто-то случайно перепутал выключатели. Из-за резкого перехода от полумрака к яркому освещению у Светознайки потемнело в глазах: он даже почувствовал в них небольшую резь. Наш герой потёр кулачками глаза, и неприятные ощущения быстро прошли.

Во второй раз Светознайка столкнулся с похожим явлением в этот же вечер, когда пошёл спать. Он с открытыми глазами лежал в кровати и в полной темноте перебирал события приключенческого мультфильма, который ему очень понравился. Сон никак не приходил: спать мешали воспоминания о храбрых героях. Светознайка мысленно участвовал вместе с ними в сражениях и, забывшись, начал сопровождать свои фантазии звуками, которые привлекли внимание мамы.

Мама вошла в комнату и неожиданно включила свет. У Светознайки вновь, как в кинотеатре, перед глазами забегали радужные круги, замелькали точки и появилась резь в глазах.

Всё это ему очень не понравилось.

— Что с моими глазами не так? — возмутился Светознайка и рассказал о своих ощущениях маме.

— Так бывает у всех, когда свет резко сменяет тьму, — ответила мама.

— Почему?

— Боюсь, что я не дам тебе точного объяснения, — смутилась мама.

На следующее утро Светознайка помчался к профессору Люксу. Его желание узнать о причинах такого явления было настолько велико, что ждать до вечера он не мог.

— Профессор! Почему я испытываю такие необычные ощущения, когда долго нахожусь в темноте, а затем резко включается свет?

— Охохо, Светознайка! Всё не так просто, но я постараюсь объяснить! Человеческий глаз — очень сложное устройство. Многие учёные тратили десятилетия, изучая строение глаза и пытаясь описать процессы, которые в нём происходят. Одним из элементов глаза является зрачок — отверстие, через которое свет попадает в глаз на его внутреннюю оболочку. Зрачок способен изменять свой размер: он как будто настраивается под освещение для того, чтобы лучше видеть. Если, например, человек долго находится в тёмном помещении, то зрачок увеличивается почти в 8 раз в сравнении с обычным своим состоянием! Почему так происходит? В темноте зрачок расширяется, аккумулирует все свои возможности, чтобы в глаз попало достаточное количество света для распознавания окружающих объектов. Если же в помещении резко включится освещение, что и произошло вчера в кинотеатре и твоей комнате, то в глаза сразу и неожиданно попадёт большое количество света. А зрачок к этому не готов — он ещё не успел приготовиться, уменьшиться, что и приводит к огромному количеству так называемых фотохимических процессов, которые являются причиной неприятных ощущений!

— А что такое фотохимические процессы?

— Это реакции, превращения, которые происходят под действием света. Чтобы это понять, надо не только знать физику, но и разбираться в вопросах биологии и химии — предметах, основы которых также даются в школе. И это очень интересно!

Так что, Светознайка, учись и познавай, на какие чудеса способен свет и человеческий глаз!



# ЭКСПЕРИМЕНТЫ

## Эксперимент № 1

### ЗАГАДКА

### СВЕЧИ

Вспомните, как вы летом бегали под ярким солнышком и пытались наступить на свою тень. Или как вечером с родителями включали фонарик и строили на стене из рук разных животных. Но посещали ли вас мысли, что не всё в мире имеет тень? В этом опыте мы вам раскроем эту тайну, а вы вместе с нами можете попробовать.

Возьмите свечку, фонарик, а также что-то, что поможет получить огонь — спички или зажигалку. Но помните, что с огнём играть нельзя! Поэтому будьте предельно осторожны, а лучше попросите помощи у взрослых. Зажгите свечку, погасите свет в помещении и поднесите свечку к ровной однородной поверхности (например, к стене) на расстояние 7–10 см. Направьте свет от фонарика так, чтобы тень от свечи упала на стену. Ну а теперь, что вы видите? **ДА! ЭТО ВОЛШЕБСТВО!** Пламя не создаёт тени. Почему? Мы обязательно вам расскажем в следующем выпуске журнала.



## Эксперимент № 2

### ВЫЙТИ СУХИМ ИЗ ... КОРИЦЫ!

Когда мы с вами слышим слово «корица», то сразу перед глазами всплывает пряная, ароматная и вкусная булочка с этим наполнителем. Добывают её с коричных деревьев: острым ножом срезают небольшие кусочки, затем отправляют их в тень, где они приобретают всем нам известный вид скрученной спиралью палочки. Особые любители добавляют корицу в различные блюда, десерты, чай или кофе. А мы сегодня проведём с вами любопытный опыт над этой волшебницей.

Для этого вам понадобится бокал или стакан с нешироким горлом, чистая вода любой температуры и, конечно, порошок корицы. Налейте воду практически до самых краёв. Засыпьте корицу, чтобы слой на поверхности был плотным, примерно 3–4 мм. Опустите палец в воду. Ну же, не бойтесь!

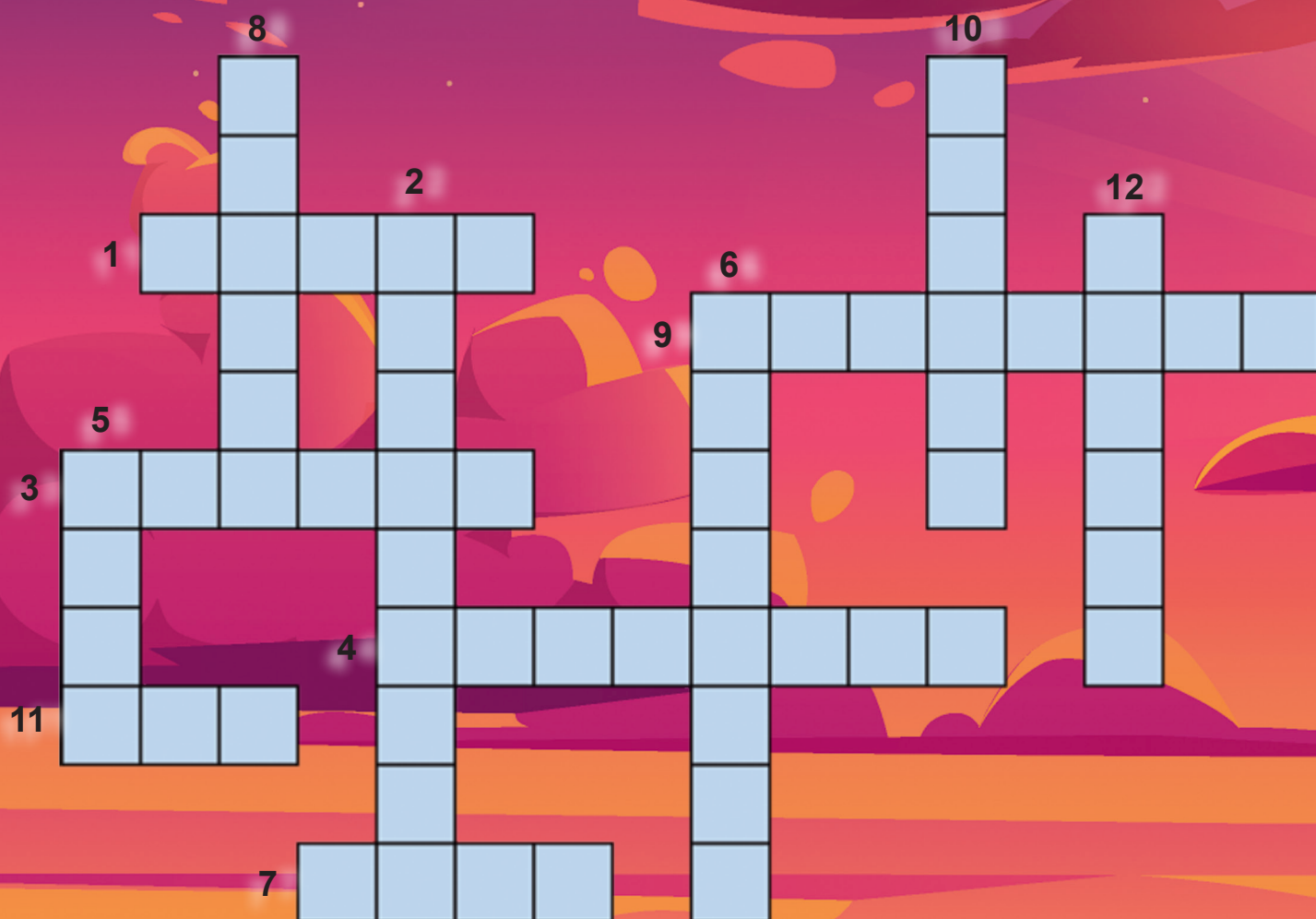




**А ВОТ И ЭФФЕКТ!** Корица окутывает палец и защищает его от влаги. На поверхности палец абсолютно сухой, его обволакивает лишь тонкий слой корицы. Это происходит потому, что корица состоит из коры дерева, а у дерева плотность меньше, чем у воды. Поэтому она и не тонет в воде. Из-за того, что корица сыпучая, как песок, палец не может её «пробить». Если вам понравился этот простой, но зрелищный эксперимент, то обязательно покажите его друзьям!



# Кроссворд для самых маленьких



## По горизонтали:

1. Два брата живут через дорожку, друг друга не видят;
3. Каждый год показывает твой возраст на торте;
4. Висит груша — нельзя скушать;
7. Серое пятно с земли не поднимешь;
9. Светлое женское имя;
11. По проводам бежит, без зубов, а кусается.



*По вертикали:*

2. Свет мой, ...! Скажи да всю правду доложи;
5. Что помогает разогнать тьму?
6. Глазками моргает, машинам на дорогах  
помогает;
8. Яркая звёздочка теплом согревает;
10. Стеклопного паука не прогонишь с потолка;
12. Разноцветный мост над рекой.



# СТИХОТВОРЕНИЯ

Вот как о свете пишут наши юные читатели

\* \* \*

Я без света не могу —  
Темнота меня пугает.  
Как игрушки я найду,  
Если свет не зажигают?

За окном уже темно,  
День тихонько замирает.  
Как же книжку почитать,  
Если свет не зажигают?

*Мария, 6 лет, Тюмень*

\* \* \*

Мне мама дарит свет любви,  
Учитель свет даёт от знаний,  
И солнце светом и теплом  
Ласкает долгими лучами.

Но свет, который в каждом доме,  
Нам тьму ночную разгоняет.  
Умеют делать мастера!  
Их светотехниками называют.

*Александр, 11 лет, Тверь*





Полина Киселёва, 13 лет, Москва

# КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

---

**Виртуальная реальность** — созданная техническими средствами среда, с которой пользователь может взаимодействовать, полностью или частично в неё погружаясь;

**Дополненная реальность** — технология, которая позволяет накладывать созданные на компьютере визуальные объекты и дополнения на существующую объективную реальность;

**Гониофотометр** — прибор для измерения углового распределения световых характеристик среды или поверхности;

**Индекс цветопередачи** — количественная мера способности источника света верно отображать цвета освещаемых объектов в сравнении с идеальным или естественным источником света

**Интернет вещей** — технологическая концепция подключения всех вещей в мире к интернету для удалённого управления ими через программное обеспечение и обмена данными в режиме реального времени;

**Искусственный интеллект** — направление современной науки, которое изучает способы обучить компьютер, роботизированную технику, аналитическую систему мыслить разумно так же, как человек;

**Корпусирование** — завершающая стадия микроэлектронного производства, в процессе которой полупроводниковый кристалл устанавливается в корпус;

**Конъюнктив** — тонкая бледно-розовая оболочка на задней поверхности век;

**Лучина** — тонкая длинная щепка сухого дерева, предназначенная для растопки печи или для освещения избы. Для получения лучин полено щепили, то есть разделяли на щепы;

**Металлогалогенная лампа (МГЛ)** — разрядная лампа высокого давления, в качестве излучающей добавки в которой выступают галогениды металлов;

**Полиэтилентерефталат (ПЭТФ)** — термопластичный полимер, являющийся самым распространённым среди полиэфиров. Использовался в качестве материала для плёночной эластичной оболочки для отечественных световодов в 70-80-ых годах XX века;

**Полый световод** — труба различной формы сечения и размера, на внутреннюю поверхность корпуса которой наносится специальный светоотражающий материал, способный отражать и рассеивать свет, попадающий на его поверхность;

**Псевдоцвета** — термин, который используется для того, чтобы отличать изображения, полученные в результате присвоения цветов точкам некоторого изображения (например, яркостного), от изображений в натуральных цветах;

**Радужка** — тонкая подвижная оптическая диафрагма глаза, в центре которой находится зрачок;

**Роговица** — передняя наиболее выпуклая прозрачная часть фиброзной оболочки глазного яблока, одна из светопреломляющих сред глаза;

**Световая маскировка** – скрытие от наблюдения воздушного и наземного противника световых де-маскирующих признаков войск, военных объектов, промышленных районов и населённых пунктов и их имитация на ложных объектах;

**Склера** – непрозрачная часть внешней оболочки глаза интенсивного белого цвета;

**Стартап** – временная форма организации, развивающаяся в условиях неопределённости, нацеленная на масштабирование и превращение в крупную корпорацию;

**Трассировка лучей** – один из методов геометрической оптики, исследование оптических систем путём отслеживания взаимодействия отдельных лучей с поверхностями;

**Фотодинамическая терапия** – метод лечения онкологических заболеваний, некоторых заболеваний кожи или инфекционных заболеваний, основанный на применении светочувствительных веществ – фотосенсибилизаторов – и излучения определённой длины волны;

**Фотосенсибилизатор** – природное или искусственно синтезированное вещество, способное к фотосенсибилизации биологических тканей, то есть увеличению их чувствительности к воздействию света. Используется при фотодинамической терапии;

**Хрусталик** – прозрачное тело, расположенное внутри глазного яблока между стекловидным телом и радужкой. Является важной частью светопреломляющего и светопроводящего аппарата глаза;

**Яркомер** – прибор для измерения яркости;

**Photopia** – программное обеспечение от американской компании LTI Optics для проектирования оптических элементов.