

Полые световоды – одно из новых направлений развития светотехнической науки и техники (мемуарно-обзорная статья)



Ю.Б. Айзенберг

д.т.н., проф., академик АЭН РФ,
заслуженный изобретатель России

Предисловие

Настоящая мемуарно-обзорная статья была давно задумана автором, однако, в основном как аналитический обзор, подводящий итоги развития за 50 лет полых световодов как нового направления светотехнической науки и техники. Планировалось собрать материал с широким показом состояния этого направления не только в России, где оно родилось, но и во всём мире. С этой целью планировалось посветить этой работе апрель-июнь этого года.

К величайшему сожалению, вторжение в нашу жизнь пандемии коронавируса, экстренный выезд из Москвы на жёсткий карантин (три дня на сборы), невозможность собрать материал в домашнем архиве и попасть на работу, полностью лишило возможности осуществить задуманное. А перенести сроки написания аналитического обзора на более позднее время было невозможно, т.к. на последующий период запланирована другая значительно более важная работа по подготовке к изданию пакета основных учебных пособий по светотехнике. Кроме того важно учесть, что потенциальный ресурс моего времени из-за возраста не только невелик, но и быстро сокращается, как «шагреновая кожа».

Аннотация

В статье дан обзор краткой истории работ по созданию новых систем с полыми световодами, основные этапы разработки и освоения их производства. Приведены найденные конструктивные решения и выполнен анализ их достоинств и недостатков. Рассмотрены работы по дальнейшему развитию направления полых световодов в светотехнической науке и технике. Кратко изложены результаты работ зарубежных учёных и фирм в конце XX и начале XXI века.

Ключевые слова

Полые световоды, введение солнечного света в здание, гелеостатно-световодные системы, плоские клиновидные системы освещения, призматические световоды, «Helliobus», «Arthellio».

Поэтому я решил всё же написать так, как я могу в этих условиях жёсткого карантина, не имея никаких своих архивных материалов, базируясь лишь только на своей памяти.

Нельзя не упомянуть, что работа сильно усложнялась из-за отсутствия моего любимого секретаря, и тем, что я практически не вижу то, что пишу автоматически.

Я прошу извинения у моих коллег и надеюсь быть понятым.

К сожалению, до полного признания полых световодов светотехническим сообществом и МКО не дожили такие активные участники этой большой и непомерной работы, как Геннадий Борисович Бухман – один из её зачинателей и изобретатель полых световодов, а также Роман Юлианович Яремчук – руководитель работ по подготовке производства КОУ на Тернопольском объединении «Ватра». Светлая память этим замечательным, талантливым людям, они – мои любимые коллеги и друзья.

Эпиграф

Два моих жизненных принципа:

- никогда не возвращайся мысленно к тому плохому, что было в прошлом, думай и работай на будущее и жди от него только хорошего;*
- никогда не напоминай людям о том хорошем, что ты для них сделал, умный и благородный сам отблагодарить торопиться, завистнику и человеку злобному хоть масло на голову лей – он же тебе врагом будет.*

История и результаты работ

Середина XX века была характерна фронтальным и быстрым прогрессом науки, технологии и строительства. Проиллюстрируем это четырьмя примерами:

1. Исключительно крупномасштабное развитие систем транспортирования по трубопроводам нефти и газа с нарастанием объёма прокачки и её дальности. Это вызвало массовое строительство взрывоопасных компрессорных станций.

В связи с отсутствием специальных светильников, требовалось разработать новую систему освещения. Взрыв на компрессорной станции чреват был финансовыми и политическими проблемами для государства.

2. В этот период были разработаны новые исключительно мощные взрывчатые материалы, специальное технологическое оборудование и созданы осо-

бые производства. Причиной взрывов могли стать как наличие в помещениях световых приборов, а также электрических сетей и электроустановочных изделий. Взрыв такого производства оставлял лишь глубокий котлован без здания, людей и оборудования. Выход в обоих указанных случаях мог заключаться в вынесении источников света и электрических сетей из освещаемого помещения.

3. Термоконстантные цеха заводов электронной промышленности с требованиями к постоянству температуры $\pm 0,5$ °С зимой и летом, днём и ночью. При этом необходимо было освещать большие производственные площади, и при обычном освещении для удаления тепла, выделяемого ИС, требовалась система кондиционирования огромной мощности.

4. Помещения с особыми требованиями по чистоте, где на 1 м³ воздуха недопустимо наличие более одной пылинки.

Анализ показал, что и для этих двух последних групп производств также целесообразно устройство осветительных установок с вынесенными из помещений источниками света и электрическими сетями.

Над этой проблемой при сохранении требований к качеству и высокому уровню равномерной освещённости бились в то время многие ведущие проектировщики, в том числе Г.М. Кнорринг, С.А. Клюев, Л.А. Циперман, М.Ю. Каплинская и др.

У меня к тому времени за 10 лет работы во ВНИСИ (1954–1964 гг.) был лишь один случай проектирования взрывоопасного склада с баллонами ацетилена. Освещение было решено осуществлять прожекторами заливающего света через окна. Установка была неудачной, т.к. слепящее действие было исключительно велико, а окна ухудшали пропускания света из-за пригорания к ним пыли и грязи.

В конце 60-х и начале 70-х годов XX века мне удалось, руководя отделом освещения промышленных и общественных зданий и световых приборов во ВНИСИ, собрать и систематизировать базу данных обо всех выпускаемых в нашей стране светильниках этого назначения.

В связи с этим ко мне стали обращаться с вопросами многие проектировщики осветительных установок, в т.ч. выдающийся мэтр проектирования – Глеб Михайлович Кнорринг. У нас на этой основе образовалось творческое сотрудничество, переросшее в дружбу.

Однажды мне позвонил Г.М. Кнорринг, попросил принять сотрудника Киевского отделения ГПИ «Тяжпромэлектропроект» Г.Б. Бухмана, приехавшего к нему за советом по разработке нового типа светового прибора. Г.М. Кнорринг сказал, что разработкой светильников он не занимается, а предложение Г.Б. Бухмана представляется ему нереальным, прежде всего из-за вероятно малого КПД. И предложил Г.Б. Бухману приехать в Москву во ВНИСИ к Ю.Б. Айзенбергу – специалисту по световым приборам.

Ко мне приехал Геннадий Борисович Бухман, который оказался чрезвычайно симпатичным человеком, прошедшим через всю Великую Отечественную Войну (много старше меня), работающим проектировщиком освещения в Киеве.

После первого разговора с ним и моего тщательного продумывания ситуации я понял, что при использовании полых световодов возможно получить целый ряд перспективных и интересных решений осветительных установок и, конечно, в первую очередь тех четырёх групп помещений, имеющих важное государственное значение, о которых я думал все время.

Суть его предложения – разработать прибор с использованием опыта А.Н. Чиколева, осветившего склад боеприпасов на Охтенском заводе под Санкт-Петербургом с помощью торцевого световода в виде металлической трубы зеркализированной изнутри. Выходной торец этой трубы находился в помещении, которое надо было осветить, а входной – вне здания, и в этот торец попадал свет от электрической дуги. При этом Г.Б. Бухман предполагал, что если вырезать отверстие вдоль трубы, то через него будет выходить свет и освещать всё помещение. Но этот принцип, в совершенно новом исполнении с использованием трубчатого полого световода из пластмассы с оптической щелью вдоль всего световода, может добиться значительно большего эффекта в промышленных масштабах.

При этом Г.Б. Бухман привёз авторское свидетельство с названием «Светильник-световод», выданное ему патентной службой нашей страны в 1964 г. за № 181023.

После двухнедельного обсуждения с Г.Б. Бухманом его предложения и возможных различных новых вариантов решения, мы сконцентрировались на следующих проблемах:

1. Надо ли разрабатывать светильник или систему освещения с полым световодом;

2. Если да, то для широкого применения или для освещения специальных помещений с сугубыми требованиями к окружающей среде;

3. Какие и когда должны применяться материалы для изготовления СД, предназначенных для производственных помещений с различными длинами пролётов (от 6 м до 18 м и более);

4. Какой коротко-дуговой источник света большой мощности (не менее 700 Вт) должен быть применён во вводном устройстве;

5. Какой должен быть использован отражатель для введения потока света в вводной конец световода? Возможно, это должна быть зеркальная коротко-дуговая лампа с наименьшей по диаметру колбой и встроенным зеркальным отражателем, что необходимо для формирования концентрированной кривой силы света при достаточно большой мощности в короткой дуге.

По многим вопросам наши мнения расходились, но в целом мы сошлись на том, что для коротких пролётов (6 м, 12 м) целесообразно и возможно использовать световоды из экструдированной, пропускающей свет пластмассы. Большие длины невозможны из-за необходимости утолщать стенки трубы для обеспечения её жёсткости, повышается её вес и цена. В крайних случаях возможно изготовление световодов этих длин из эластичной, прочной плёнки. Для более длинных пролётов необходимо делать световоды особо большой длины, что делает воз-

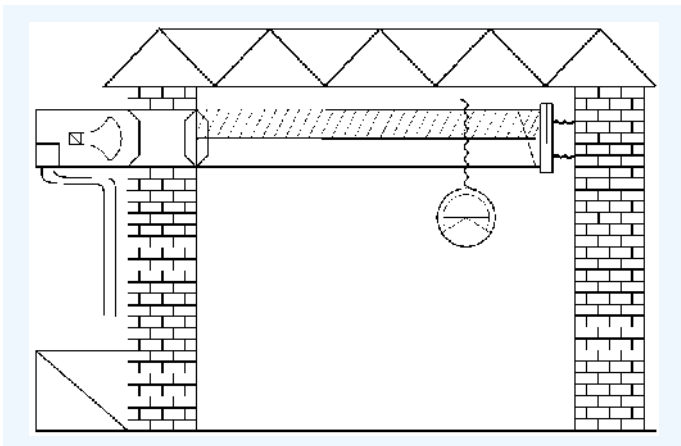


Рис. 1. Схема осветительной установки со световодом для специальных условий применения

возможным использование только эластичных плёнок. При этом для длинных световодов также исключается возможность использования тонкостенных, полученных методом горячего прессования алюминиевых конструкций.

После детального обмена мнениями и обсуждения перспектив дальнейшего развития нового направления с различными ответвлениями от горизонтально располагаемых цилиндрических образцов мы пришли к некоторому консенсусу.

1. Вариант металлических световодов для общего освещения производственных помещений (при горизонтальном расположении световодов в помещениях с пролётами 6 м, 12 м, 18 м) и высокими уровнями требуемой освещённости был отвергнут сразу и окончательно из-за дороговизны, сложности, большого веса, опасности падения и негодной эстетики.

2. Полые световоды (ПС) должны быть выполнены в виде жёсткой конструкции экструдированной из ПММА или ПК особенно для длин 6 и 12 м, или из эластичной сверхтонкой плёнки (25–50) мк (плёночный вариант допустим только при отсутствии возможности получения экструдированной и светопропускающей пластмассовой трубы с большим диаметром, больше 200 мм, что было невозможно в нашей стране в тот период времени). Внутри световода устанавливается полуцилиндрический алюминиевый зеркальный отражатель с углом раскрытия оптической щели $\pm 30^\circ$ или $\pm 45^\circ$ (это и дало название этим устройствам – «щелевой световод»). Световод должен быть герметичен и иметь на входном торце прозрачную шайбу из силикатного стекла.

Другая группа ПС – это устройства для введения солнечного света в помещение, где естественного света нет или не хватает. При длине световодов до 7,8 м, вертикально расположенные жёсткие световоды должны иметь на входном торце (на крыше зданий) простейшие устройства для введения солнечного света и на другом торце световода рассеиватель естественного света в помещении. При высоте световодов от 8 до 15 м и необходимости освещения различных помещений, вокруг световода на различных уровнях необходимо иметь на входном торце гелиостатно-световодную систему перехвата солнечного

излучения и введения его в вертикальный световод. При этом должно быть предусмотрено возможность введения в тот же световод в тёмное время суток искусственного света, автоматически включаемого при нехватке естественной освещённости.

В многочисленных случаях, когда освещаемые помещения имеют нормальную среду или не имеют специфических требований, вводные устройства могут устанавливаться в помещении в один ряд со световодом у его вводного конца.

Как правило, соотношения длины световода и его диаметра (l/d) составляют 30/1 или 35/1 при оптической щели с углами раскрытия отражателя $\pm 45^\circ$ и в зависимости от зеркального коэффициента отражения ρ отражателя (алюминий типа *Miro* фирмы *Alanod* имел зеркальный $\rho \geq 0,95$). Все приведённые здесь цифровые данные вставлены позднее по результатам проведённых исследований и разработок. Также необходимо отметить, что приведённые выше соображения являются не только результатом дискуссий с Бухманом, в них учтены пожелания и идеи соавторов изобретения, высказанные ими в дальнейшем. Я считал необходимым собрать здесь всё воедино, т.к. до этого все это можно было находить только в разных местах, многочисленных статьях и двух книгах.

После прихода к общему выводу, мы с Г.Б. Бухманом увидели в мечтаниях поочерёдно все четыре указанных выше помещения с особыми требованиями:

- хорошо освещённые продолговатыми объёмными цилиндрическими светящими телами помещения;
- не оказывающее слепящего действия, создающее равномерное распределение освещённости;
- при этом источники света и электрические сети отсутствуют в освещаемом помещении (рис. 1).

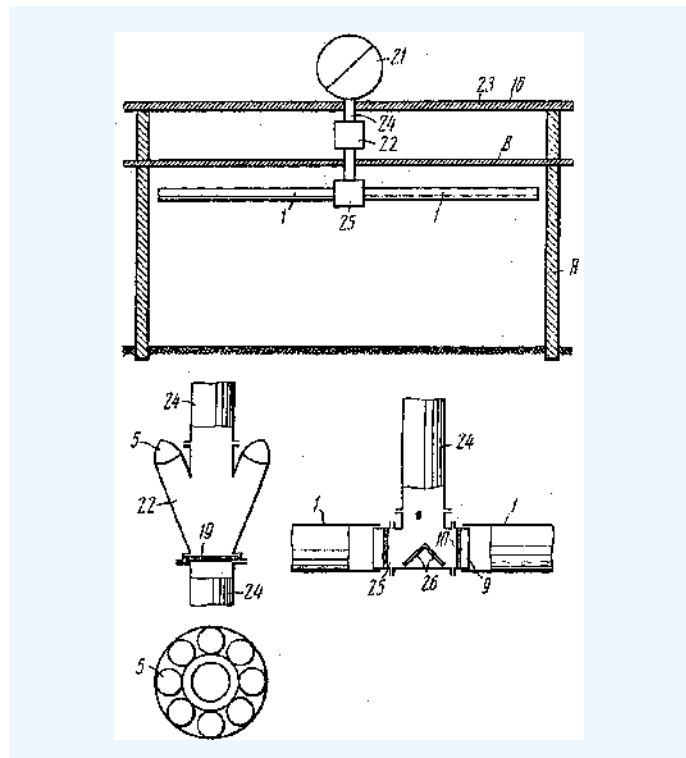


Рис. 2. Введение солнечного света в помещение, управления и изменения направления естественного света



Рис. 3. Освещение павильона товаров народного потребления на ВДНХ в Москве десятью линиями световодов КОУ 3×700 длиной по 36 м каждый в линии

Безопасно, надёжно, долговечно, и это – главное, а совсем не КПД, который для меня до этого был «священной коровой», за каждый большой процент я готов был сражаться.

Это означало необходимость иметь новые принципы проектирования, методы расчёта.

После всего этого мы навсегда стали коллегами и близкими друзьями. Вторым дальнейшим направлением стало введение солнечного света внутрь зданий (рис. 2).

Организовав срочное обследование двух групп предприятий, таких как химические комбинаты и стекольные заводы, мы пришли к печальным выводам. В те годы на отечественных химических заводах не было экструдеров пластмасс, на которых можно было бы изготавливать трубы из ПММА диаметром больше 150 мм, максимум 200 мм. Ни один стекольный завод, даже такой передовой как Лыткаринский, не брался за изготовление стеклянных параболических отражателей, зеркализированных высококачественным алюминием, с большим коэффициентом отражения, необходимых для металлогалогенных ламп (МГЛ) мощностью 700 Вт и более.

Практически это полностью решило вопрос будущей конструкции системы освещения. Оставались только плёнки и зеркальные лампы с самой короткой горелкой и высокой световой отдачей, т.е. МГЛ.

Нашими первыми реальными действиями стало:

1. Эскизное проектирование, изготовление и испытания макетов, а также начало разработки методов расчёта.

2. Подготовительные работы для формулирования заявок на патенты зарубежным странам.

3. Подготовка и проведения совещаний с ведущими проектировщиками страны.

Для начала макет полового световода был испытан на огромном котле ТЭЦ для подсвечивания цифровых данных о температуре сильно разогретой поверхности котла (авторское свидетельство номер 269302 1970 г. «Взрывобезопасный электрический светильник-световод» при участии Г.Б. Бухмана, Ю.Б. Айзенберга, Е.Б. Шефтель и Г.Л. Козаковой). Одновременно Г.Б. Бухман начал разработку методов светотехнического расчёта полых световодов и осветительных установок с ними, а я приступил к работе в патентной библиотеке и формированию творческого коллектива. Пытался найти какие-либо работы, которые могли быть нам противопоставлены, если мы подадим заявку на изобретение. Огромную помощь мне оказывал патентовед ВНИСИ М.И. Бергер и эксперт госкомитета по изобретениям Т.М. Мельниченко.

Не найдя патентов по нашей проблеме, предвосхищавших нашу идею, мы принялись работать над формулировкой нашей заявки для отправки в патентные ведомства ведущих стран мира.

После этого мне пришлось засесть, как оказалось, за чрезвычайно сложную работу – формулирование на языке семи стран текста заявления на патенты во всех ведущих странах, переводы на русский язык всех противопоставлений и подготовку ответов несостоятельности противопоставлений на их языке; в том числе, с приезжавшими на встречу в Москву патентными поверенными из Германии и Англии, с которыми было необходимо провести личные встречи обсуждения сути нашего изобретения и необоснованности противопоставлений и ответить на вопросы, и всё это на английском и немецком языках, которым я владел или с помощью переводчика. Каждый такой патент был нами получен, начиная с 1975 г. и на это уходило от трёх до четырёх лет. Это была тяжелейшая и сложная работа (патенты США, Англии, Германии, Франции, Италии, Японии, Швеции и Швейцарии).

Первый патент США был получен на моё имя и Г.Б. Бухмана.

Одновременно я сформировал творческий коллектив в составе талантливых молодых специалистов В.М. Пятигорского, А.А. Коробко, Н.Н. Софронова (все ВНИСИ) и, конечно же, Г.Б. Бухмана и Р.Ю. Яремчука.

При этом Г.Б. Бухман и А.А. Коробко занимались светотехническими расчётами самих световодов и осветительных установок с ними, а также участвовали в проектировании этих установок. В.М. Пятигорский руководил работами по конструированию систем типа КОУ с плёночными каналами и вопросами их монтажа. Н.Н. Софронов занимался разработкой зеркальных металлогалогеновых ламп типа ДРИЗ 700 и их внедрением в производство ПО «ЛИСМА», а также производством ПРА для этих ламп на Кадошкинском электротехническом заводе. Р.Ю. Яремчук руководил подготовкой производства КОУ на ПО «Ватра» в г. Тернопале и самим их производством.

Наряду с этими предприятиями нельзя не упомянуть Химкомбинат в г. Владимире, освоивший про-

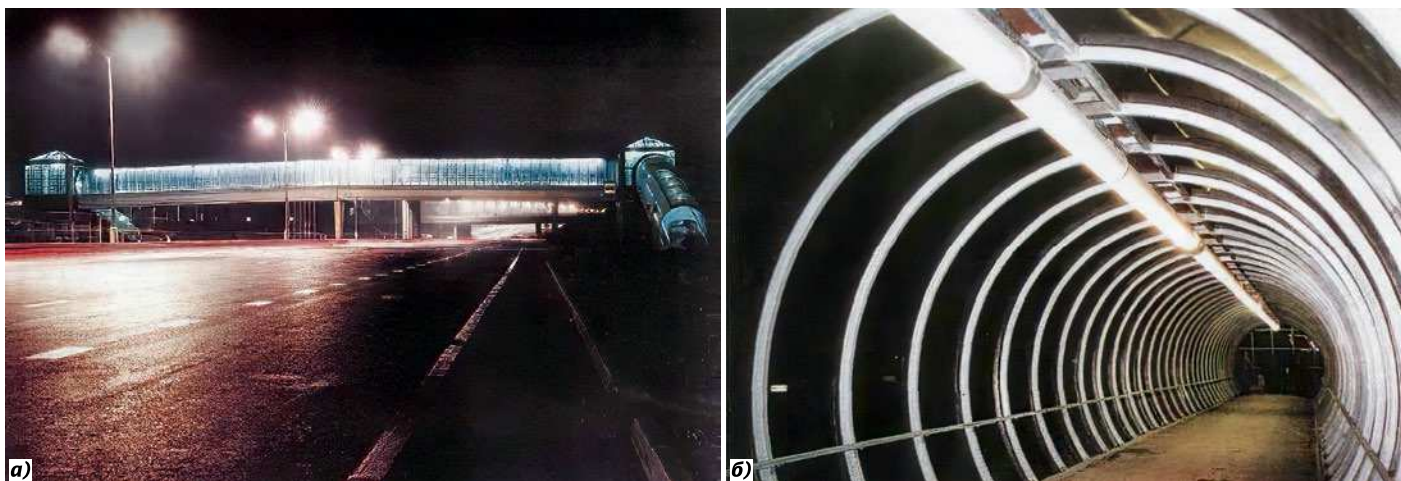


Рис. 4. Надземные переходы через Московскую кольцевую автостраду с помощью жёстких световодов экструдированных из ПММА длиной 12 м: а – вид перехода с кольцевой дороги; б – вид тоннеля изнутри

изводство полиэтилентерефтолатной (ПЭТФ) тонкой прочной плёнки для первых световодов, которые были оборудованы в универмаге «Вешняки» в Москве и на станции «Чкаловская» в Московском метрополитене. В.В. Сурженко добился внедрения более тонких ПЭТФ плёнок (25 мк) на НПО «Пластик» в Москве.

Из этой группы специалистов-энтузиастов я длительное время тщетно добивался создания лаборатории с конструкторским бюро во ВНИСИ. Мне пришлось обратиться в отдел машиностроения Совмина, оттуда получить распоряжение за подписью Бородавченко о развитии работ по ПС во ВНИСИ и создании для этого специальной лаборатории с КБ и макетным участком.

До того как приступить к подготовке производства, мной были сделаны доклады на НТС ведущих проектных организаций Москвы – ГПИ «Тяжпромэлектропроект», «Минмонтажспецстрой» и «Электропроект».

Задачей этих докладов было выяснить отношение ведущих специалистов страны:

- к новому направлению в светотехнике;
- оценить возможную область применения КОУ;
- выслушать замечания и предложения.

Интересно отметить, что совет «Тяжпромэлектропроект» был проведён в г. Мозыре непосредственно на насосной станции нефтепровода «Дружба», где была смонтирована первая экспериментальная установка с макетными образцами световодов КОУ 1×700 под руководством В.М. Пятигорского. Проведение этих обсуждений со специалистами было крайне полезным и весьма удачным.

Освоение производства и серийный выпуск

До начала производства мы провели испытания первого образца световода в г. Тернополе в помещении огромного сварочного цеха высотой 20 метров. К вечеру там собралось всё руководство завода, все конструктора и технологи, работавшие с нами по этому направлению, Г.Б. Бухман, я и В.М. Пятигорский.

Пятигорскому вместе с О.Б. Ладькой отводилась важнейшая роль – установить и включить под потолком образец световода. К сожалению, у них долго не

получалось, сильно стемнело, многие начали ворчать, высказывать различного рода сомнения, как вдруг часам к 11 ночи вспыхнула яркая полоса световода слегка голубого цвета. Впечатление было потрясающее, кто-то кричал «Ура!!!», большинство хлопало в ладоши, но всё не могли оторваться от этого удивительного зрелища. Так начался долгожданный счастливый выход в жизнь нашего изобретения.

До 1995 года ПО «Ватра» выпустило 52 тыс. комплектных осветительных устройств типа КОУ 1×700 и 3×700, которыми были оборудованы крупнейшие объекты, в том числе и, прежде всего, те четыре объекта, с которых начиналась статья. В числе важнейших объектов с осветительными установками входили следующие системы:

1. 350 компрессорных взрывоопасных станции нефтепровода «Дружба»;
2. все особо взрывоопасные цеха предприятий по изготовлению взрывчатых веществ;
3. большое термоконстантное производство (20 тыс. кв. метров, КОУ 3×700) в Москве печатных плат для электронных приборов (проект украинского филиала «Тяжпромэлектропроект» под руководством Г.Б. Бухмана, г. Киев);
4. особо чистые помещения предприятий электронной промышленности (г. Томилино).

В ходе этих работ выявилась целесообразность использования световодов и в ряде общественных зданий. Примером сказанного являются следующие объекты:

1. Павильон Товаров народного потребления на ВДНХ в Москве (рис. 3), это здание высотой 24 м и длиной 108 м, в котором надо было создать высокую равномерность освещённости, $E = 300$ лк, и обеспечить удобную и безопасную эксплуатацию, было освещено десятью линиями световодов КОУ 3×700. Каждая из линий была образована тремя двухсторонними вводными устройствами световодами по 36 м. Отличительной особенностью этой установки было то, что установка вводных устройств световода была осуществлена всего на четырёх мостках поперечных линиям световодов, на этих же мостках была проложена вся электрическая часть установ-

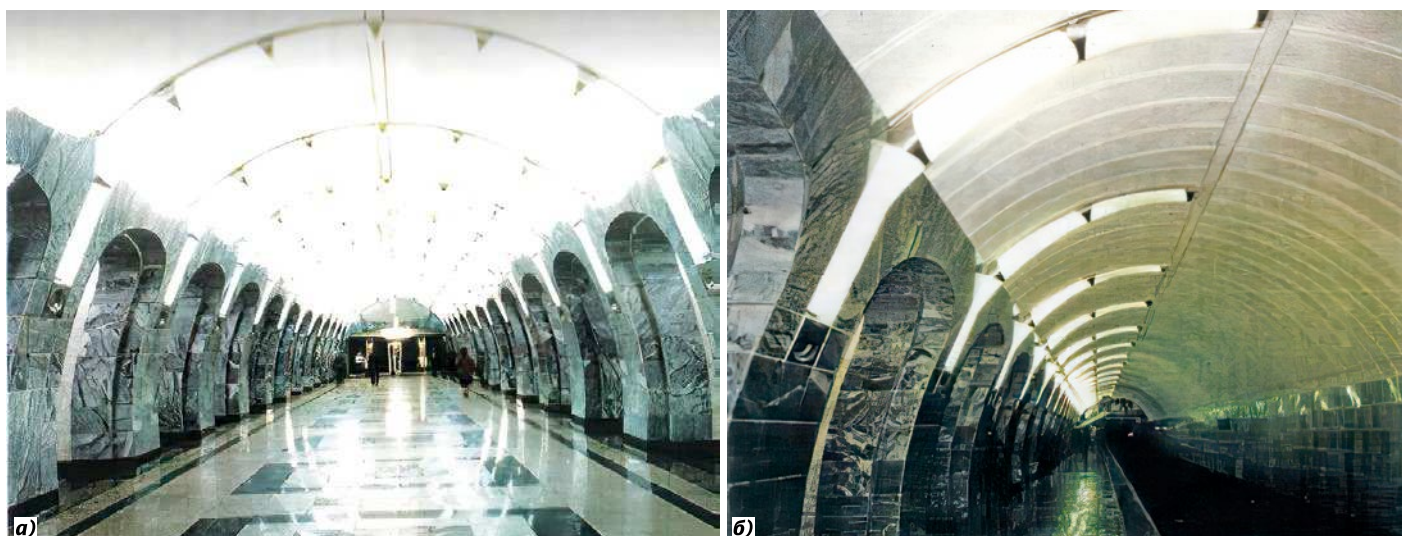


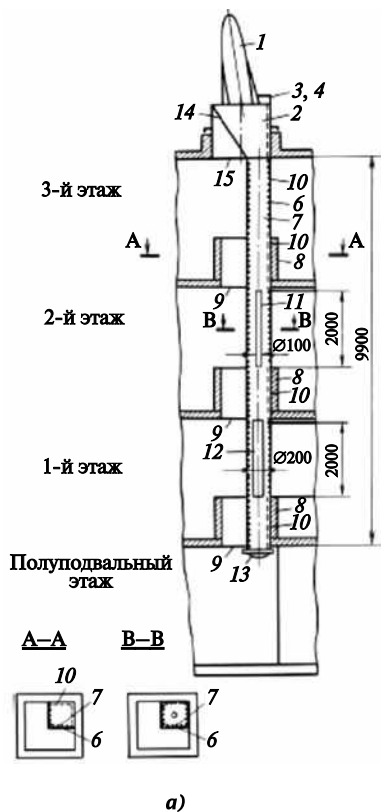
Рис. 5. Станция «Чкаловская» на Московском метрополитене, освещённая арочными световодами: а – центральный зал; б – платформенный зал

ки с экономией многих километров проводниковых материалов. С этих же мостков осуществлялось полное техническое обслуживание. В проектировании этого уникального объекта принимал участие А.А. Коробко.

2. 32 пешеходных перехода через Московскую кольцевую автостраду, на каждом из которых было установлено по 4 жёстких экструдированных из ПММА световода длиной 12 м (рис. 4 а, б) (2×6 с единым двухсторонним вводным устройством) и диаметром 250 мм, фирмы *Sélux* по проекту МОСГОРСВЕТА и ВНИСИ под моим руководством. Это обеспечивало высокое качество освещения, отсутствие слепящего

действия и равномерное распределение освещённости в этом низком длинном помещении, и совершенно новый световой дизайн всего перехода в тёмное время суток. При этом 24 светильника с лампами типа ДРЛ в пылеводонепроницаемом исполнении, которые были предусмотрены фор проектом, заменялись. Недостаток этого проекта заключался в том, что в конструкции австрийских переходов в крыше перехода было выполнено продольное вентиляционное отверстие, слегка прикрытое лёгкой крышкой, что приводило к попаданию пыли и дождевой воды на верхнюю часть световодов и требовало их периодической очистки.

Рис. 6. Осветительное устройство «Helliobus» в четырехэтажной школе *Vopartshoff* в Санкт-Галлене (Швейцария): а – схема общего вида установки; б – гелиостатно-световодная система; в – светящиеся колонна световода, проходящая через все четыре этажа школы



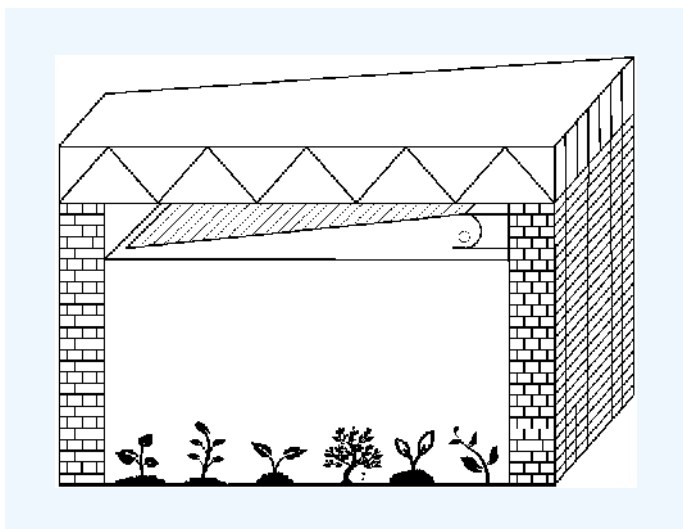


Рис. 7. Плоские клиновидные световоды в темнице для выращивания рассады овощей

3. Арочные световоды на станции «Чкаловская» на Московской станции метрополитена по проекту архитектора Н.А. Алёшиной и реализованные группой В.М. Пятигорского (рис. 5 а, б). Идея и выполнение проекта В.М. Пятигорского принципиально изменившая систему обслуживания и придавшую абсолютно новый световой дизайн станции, позволивший признать её одной из лучших станций в Московском метрополитене. Наряду с новым интересным световым дизайном эта установка обеспечивала резкое снижение затрат на эксплуатацию, т.к. располагалась на небольшой высоте, что не требовало никаких подъёмников.

Заметным событием явился пуск в эксплуатацию в 1995 году в г. Санкт-Гален (Швейцария) гелиостатной световодной системы *Helliobus*. Её вертикальный световод пронизывал все четыре этажа школы, освещая на каждом из них центральную рекреацию, не имевшую ранее естественного освещения (рис. 6 а, б, в). При этом был использован жёсткий вертикальный световод из ПММА с сечением (600×600) мм, высотой 10,5 м. Установка спроектирована по проекту ВНИСИ. Гелиостатный узел разработан А.А. Коробко с передачей солнечного света, а в его отсутствие искусственного света зеркальных ламп МГЛ расположенных в водных устройствах у входного торца световода. И то и другое излучение проходит по одному и тому же каналу световода. При этом искусственный свет автоматически включается при недостаточной освещённости естественного света в тёмное время суток. Общий проект «*Helliobus*» осуществлён под моим руководством.

Удивительной и приятной особенностью этой установки является непрерывное и динамическое изменение значений яркости и её распределения по поверхности световода в соответствии с происходящими на небе изменениями. Различные по форме и яркости облачности, появление движения по поверхности световода теней от облаков или радуги привлекательны не только для детей (в школе во время перемены), но и для учительского состава.



Рис. 8. Освещение центрального проспекта Барселоны плоскими клиновидными световодами в виде светильников наружного мачтового освещения

Приглашение создать установку *Helliobus* в г. Санкт-Гален мы получили после публикации моей статьи в немецком журнале «*Licht*» на эту тему, опубликованную мной после неудачных моих обращений к ряду ведущих проектных организаций нашей страны, отмечавших интересность нового предложения, но невозможность его реализации по многочисленным разным причинам (в основном бюрократического характера).

После публикации статьи мной было получено приглашение от ряда фирм г. Санкт-Гален приехать и сделать доклад в муниципалитете и ответить на ряд вопросов муниципалитета.

После этого муниципалитет принял решение о строительстве установки в школе, которое должно было быть проведено фирмами *Büler-Scherler* и *Signer*. На международной выставке по охране окружающей среды в г. Берне (Швейцария) макет установки *Helliobus* получил золотую медаль. Патент на установку был получен несколько позже от патентного ведомства Швейцарии (CH690780A5).

В это время институт посетили Министр электротехнической промышленности Н.А. Антонов и председатель комитета по изобретениям И.Н. Наяшков, которые дали высокую оценку проведённым нами работам. Главный изобретатель страны высказал мысль, что наше изобретение одно из самых выдающихся в 1996 году в стране. После этого было опубликовано в газете «Известия» две статьи о работах в области полых световодов.

Рис. 9. Световоды на шпигеле небоскрёба в Филадельфии



мися телами не только металлогалогенных, но и натриевых ламп ВД и модулей светодиодов могут работать с клиновидными световодами. При этом под клиновидным световодом обеспечивается равномерное распределение освещённости как поперёк помещения, так и на любой высоте световода. Разработке и исследованию этих устройств была посвящена диссертация В.М. Пятигорского.

Это устройство нашло первое применение в темнице Тимирязевской академии г. Москва, где исследования были проведены под руководством профессора-биолога В.М. Лемана, результаты исследования роста рассады овощей выращенной в темницы под ПКС показало существенное повышение, на (20–30)%, биомассы выращенных растений и ускорения сроков её созревания на ряду с этим темницы, освещённые ПКС, показали возможность отопления их с помощью тепла выделяемого источниками света, что очень важно для северных районов нашей страны. Для этих районов использование темниц вместо теплиц чрезвычайно перспективно в связи с коротким световым днём, полугодовым отсутствием солнца и низкими температурами окружающего воздуха. Широкое использование ПКС нашло в Испании в виде светильников уличного освещения, где несколько сотен таких приборов освещают в Барселоне центральный проспект и площадь Колумба. К сожалению, надо констатировать отсутствие лицензий на изготовление ПКС и утаивание информации, хотя разработка выполнена на основе нашего патента АС 615312 «Плоский световод» 1978 год.

Мы привлекли к работе предприятия:
– ПО «Ватра» (Тернополь) – изготовление и поставка системы КОУ;
– ПО «Светотехника» (Лисма) – лампы ДРИЗ-700 Вт;
– ПЭТФ плёнки (Владимирский Хим. Комбинат), а так же НПО «Пластик» (Москва)– оболочка световода;
– Кадошкинский завод – ПРА для ДРИЗ – 700.

Плоские клиновидные полые световоды и осветительные устройства (рис. 7, 8)

Дальнейшим развитием направления полые световоды явилась идея создания плоских клиновидных приборов и устройств. Эти устройства имеют полуцилиндрическое зеркальное вводное устройство с источником света и верхнюю плоскую зеркальную поверхность наклонно расположенную по отношению к нижней горизонтальной плоскости поверхности из материалов, пропускающих свет с рассеянием. Для этих приборов размеры светящихся тел источников света и их количество не имеют такого критически важного значения, поскольку размещаются не вдоль оптической оси отражателя вводного устройства, а поперёк, что не требует обеспечения максимально концентрированной КСС. Поэтому мощные источники света с достаточно длинными светящи-



Рис. 10. Зал космонавтики в Смитсоновском музее Вашингтоне

Призматические световоды

Призматические световоды – устройства, получаемые методом экструзии светопропускающей пластмассы с продольными призматическими рёбрами, имеющими форму призм с углом 90° при вершине призм на внешней поверхности трубчатой конструкции. Устройство, создающее равномерное излучение в пространстве, непригодное для освещения рабочих помещений. Для решения задач наличия призматических световодов прямого света для освещения в нижней полусфере пространства необходимо надеть сверху зеркальный отражатель, что превращает устройство в щелевой световод, запатентованный нами во всех передовых странах на пять лет раньше, а публикация была начата на десять лет раньше. С этой точки зрения вызывает удивление выдача в 1980 году патента на это устройство патентным ведомством США, без ссылки на наш патент.

Возможные достоинства: большое соотношение l/d (до 50 и больше) лишь при условии ввода резко сконцентрированного светового потока, для чего необходимо иметь почти точечный источник света при малом диаметре световода и большом зеркальном параболическом отражателе. Это всё возможно при генерации световых потоков, необходимых для создания высоких уровней освещённости. Наилучшее рабочее положение – вертикальное, при котором эффективно используется равномерное распределение света, при этом не нужно пропускать большое значение световых потоков и можно ограничиться малыми диаметрами и длинами. Наиболее целесообразная область применения – архитектурные обрамления вертикальных колонн или шпилей зданий и др. (рис. 9). Призматические световоды были с успехом показаны на выставке ракетной техники в Вашингтоне (рис. 10).

Решением этой проблемы пытался заняться всемирно известный концерн 3М (Миннеаполис–*Sent Pohl*, США) совместно с Канадской фирмой *Tirsistem*. По заказу этих фирм, несколько американских и шведских компаний разработали и внедрили производства безэлектродных серных лампы (с шаровым с ножкой светящим телом $\varnothing 29$ мм и мощностью 2,0 кВт). При этом была сделана попытка при большой концентрации мощности в малом объёме добиться надёжной работы с помощью быстрого вращения светящего тела и обдува его холодным чистым воздухом. Все это привело к созданию сложной и дорогой конструкции с малой надёжностью работы в эксплуатационных условиях, хотя первые результаты испытаний показали весьма обнадеживающими (например, освещение 70-метрового пролёта дороги под зданиями ДОЕ в Вашингтоне) вся эта попытка закончилась полным провалом в связи со снятием с производства серных ламп и ПРА для них и потерей инвестиций.

Недостатки призматических световодов: более дорогая конструкция световода, низкие эксплуатационные характеристики, быстрое загрязнение при горизонтальном расположении, трудности очистки теряющей от загрязнения свои характеристики кон-



Рис. 11. Гибридный осветительный ГОК «LED+Solarspot» комплекс состоящий из центрального световода и группы светильников Томской фирмы «Световые системы»

струкции, затруднённая изготовление световодов большого диаметра.

Объявленное в качестве «Революции в светотехнике» направление оказалось закрытым и прекратило существование. Вместе с тем длительное время продолжалась рекламная компания призматических световодов с попыткой доказать их преимущество над световодами с гладкими поверхностями.

Не только успехи, но и потери

Мне представляется, что будущим читателям из всего сказанного может показаться, что работа по созданию новых осветительных приборов и их применению проходили спокойно, быстро, без сучка и задоринки, к сожалению, это было далеко не так. У нововведения оказался целый ряд мощных противников.

Рассмотрев первую редакцию этой статьи, в которой перечислялись многочисленные поступки направленные на срыв работы, её дискредитацию и задержку, я пришёл к выводу о недостойности такого поведения, похожего на сведение счетов с умершими людьми и «объявление вендетты» их потомкам. Ниже упомянуты лишь три случая, которые действительно нанесли тяжёлый вред работе, о которой я рассказываю.

Нельзя не упомянуть о создании в МКО по нашему предложению двух новых технических комитетов по полым световодам: ТС 3–30 «Полые световоды для искусственного освещения и области их применения», а так же ТС по «ПС для введения в здания естественного света». Председателем ТС 3–30 я был утверждён конгрессом МКО для подготовки публикации МКО на эту тему. Второе событие исключительной важности после посещения творческого коллектива министром М.А. Антоновым – «Минэлектротехпром» вышел с предложением в комитет по Ленинским и Государственным премиям о награждении этой важной наградой – Госпремией авторского творческого коллектива. Наши материалы после многочисленных докладов на советах различного уровня и прохождения разных комиссий были представлены на заключительном заседании комитета. Однако они не были рассмотрены в связи с отсутствием представителя руководства организации, где выполнялись работы.

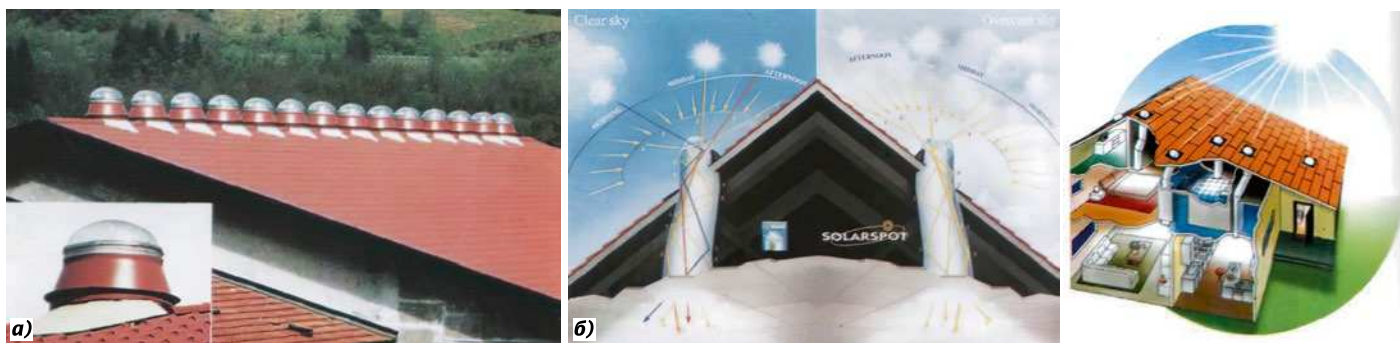


Рис. 12. Естественное освещение внутренних помещений с помощью жёстких полых световодов, на примере коттеджей, освещённых итальянской фирмой *Solar Spot* под руководством *Genaro Broccale*: а – многорядное освещение световодами – вид одного из водных устройств; б – два варианта введения солнечного света в тёмные помещения коттеджей

Это было необходимо по уставу комитета для представления работы и ответа на вопросы.

На следующий год «Минэлектротехпром» сделал повторное представление, и тем не менее ситуация полностью повторилась. Всё это больно отразилось на членах творческого коллектива и сильно задержало ход проводимых работ.

Неожиданным «горным обвалом» для меня послужило полученное мной в Норвегии по завершению заседания моего технического комитета сообщения о том, что дальнейшее моё руководство комитетом невозможно в связи с полученной информацией из России о том, что ресурсы на финансирование поездок председателя комитета исчерпаны. А по уставу МКО проведение заседания при отсутствии председателя невозможно. Я тут же подал в отставку и с изумлением узнал, что должностную обязанность это место учёный секретарь комитета отказался в результате интриг. Могу сказать, что в дальнейшем это закончилось драматически для содержания публикации МКО.

В 1976 году я получил неожиданное сообщение от Министерства о запрете выезда на некоторое время за рубеж на любые светотехнические конференции, симпозиумы, совещания, а об отмене этого решения

будет сообщено мне дополнительно. Фактически запрет действовал 13 лет (1976–1989 гг.). А это был период наиболее творчески плодотворного времени! И это был уже не «камнепад», а «извержение вулкана». И это-то в самый трудный и важный период развития работ!

Я сделал для себя чёткий обобщённый вывод: в человеческом обществе есть две большие группы:

- большинство из людей, на которых держится и развивается это общество, и это часто внешне неласковые и недобрые люди, но готовые поддержать, помочь, спасти.

- другая – менее многочисленная группа – внешне добрых ласковых и благожелательных, а внутри – завистливых и злобных людей. Их задача либо примазаться к успешному делу или человеку, а если это не вышло, навредить, задержать развитие, снизить успех.

Длилось это до 1989 г., и освободился я от этих «наручников» только благодаря отчаянным и энергичным своим действиям. По моей оценке, 1990 г. сыграл важную роль в развитии направления полых световодов. Этот период был насыщен важными событиями.

Началось всё с успешного доклада о полых световодах на конгрессе *IESNA (Illuminating Engineering Society of North America)* в Балтиморе (США). Этот конгресс, в котором участвовали специалисты США, Канады и Мексики, но и многие ведущие европейские учёные, имел большой резонанс в светотехническом мире. Я стал получать много приглашений повторить доклад в университетах США, Шотландии, Финляндии, Германии и от крупнейших фирм Европы, таких как *Trilux Lenze, Norka, Selux* (Германия), *3M* (США). Очень важна достигнутая после доклада договорённость об издании в США в Нью-Йорке издательством «*Alertonpress*» английской версии журнала «Светотехника» с названием «*Light & Engineering*».

Почти тоже я могу сказать о проведённой Внешторгом операции под названием «Продажа лицензии на производство полых световодов Италии и Японии», ни какие подробности об этой операции мне не известны, крупная сумма была выплачена держателям патентов, которыми в те годы было наше государство в лице Минэлектротехпром и ВНИСИ. Творческая группа была награждена несколькими компьютерами (ни каких деталей этой операции я не знаю). Не могу закончить повествование об основных этапах



Рис. 13. Освещение здания *Copriano* в Милане с помощью полых световодов с корзинообразным центральным узлом

развития полых световодов в нашей стране, не упомянув о том, что происходит в настоящее время, связанное с распадом великого государства СССР, развалом экономики страны и резкого сокращения финансирования науки. Это привело к прекращению работ по ПС во ВНИСИ и уходу ряда членов творческого коллектива в другие организации, прекращением выпуска КОУ на ПО «Ватра» в Тернополе из-за превращения Украины в независимое государство и прекращения всех межзаводских связей. В последующем мне пришлось продолжать работу по развитию полых световодов другого класса с зарубежными фирмами, имевшими возможность получения экструдированных пластмассовых каналов практически любого диаметра.

Большую радость доставляет возрождение и дальнейшее развитие полых световодов, которое получило направление в 2017–2020 гг. в Томске и Краснодаре фирмой «Световые системы». Под руководством серьёзного учёного и делового человека, профессора А.Т. Овчарова, проведён комплекс работ по исследованию, разработке и оснащению производства нового вида изделия на базе световодов под названием ГОК (Гибридный осветительный комплекс) *LED Solarspot* (рис. 11). Осветительные установки с этими приборами имеют высокие технико-экономические характеристики и интересный дизайн. Могу только пожелать дальнейшего развития этим работам.

И последнее, о чём я должен рассказать как бывший член и руководитель творческого коллектива по исследованию и разработке одного из новых направлений светотехнической науки – полых световодов. Посещая с докладами ряд крупнейших фирм Европы и США с целью международной популяризации наших разработок, мы с А.А. Коробко установили хорошие контакты с фирмой 3M (Миннеаполис – Сент-Поул, США). Наряду с этим мне удалось установить творческие контакты с фирмой *Sélux* и *Büler-Scherler* (Санкт-Гален, Швейцария).

К большому сожалению, контакты с 3M были прекращены после краха с призматическими ПС и сержными лампами. Что касается *Sélux*, то под моим руководством были разработаны серии устройств с жёсткими световодами из экструдированного ПММА для внутреннего освещения и вариант для наружной установки, с односторонним и двухсторонним вводным устройством.

Что касается совместного творчества с фирмами *Büler-Scherler* и *Signar*, то главным его результатом было создание уникальной установки *Helliobus* для освещения центральных рекреаций четырёхэтажной школы без естественного света *Bopartshoff Schule* в Санкт-Галлен, Швейцария, о чём рассказано выше.

Переходя к краткому обзору состояния работ по ПС в странах, где были получены и опубликованы наши патенты за первые 15 лет (1975–1990 гг.), были проведены ряд научных исследований, а так же созданы и активно действует ряд фирм. Защищены 9 диссертаций, посвящённых ПС. В России – 4 (1 доктор и 3 кандидата) во ВНИСИ, в Шотландии – *Napir University* Эдинбург, Германия – Берлинский университет совместно с *Sélux* – две диссертации, Миланский поли-



Рис. 14. Два световода 15–20 м длиной на *Potsdamen Platz* в Берлине для создания впечатления зрительной связи наружного и внутреннего пространства подземного торгового центра и прогулочной зоны

технический университет и фирма *Solar Spot*, в Австралии – Университет Мельбурна.

Были организованы 3 фирмы, успешно действующие по настоящее время. Это фирмы «*Solar Tuebe*» (Калифорния, США), «*Solar Spot*» (Милан, Италия) и «*Monodrow*» (Англия), выпустившие каждая более чем по несколько десятков тысяч комплектов коротких полых световодов с наружным простейшим приёмником (солнечный свет на наружном торце световода и рассеивателями на выходном торце в тёмном помещении, преимущественно коттеджей, где естественный свет отсутствует, рис. 12 а, б). Сюда можно так же отнести международный концерн 3M США, который освоил за этот период производство призматических световодов.

Интересно отметить, что, когда после чтения доклада в Беркли-Лоуренс университете я попытался познакомиться с Калифорнийской фирмой, после того как назвал свою фамилию, мне было категорически отказано. Кстати, с этим эффектом скрывательства украденного мне приходилось сталкиваться многократно. Например, на выставках (*Light and Building*), где дважды я видел на стендах выставленные под очень громкими рекламными плакатами светильники уличного освещения на базе плоских клинообразных световодов. После моих предложений встретиться с хозяином и просьбой посетить производство, получал отказ под разными предлогами. При этом на

следующий день на стенде уже не было ни образцов, ни плакатов.

В конце прошлого века и в начале настоящего за рубежом был проведён в развитие наших исследований целый ряд интересных разработок. В качестве примеров можно назвать несколько установок. Установка «ArtHellio» в Берлинском политехническом университете на кафедре светотехники, (Dr.A. Rosemann) и Sélux (D. Albert). Эта установка вводила солнечный свет для освещения центральной лестницы с помощью жёсткого вертикально стоящего полого световода. В Италии, здание «Carpano» в Милане (рис. 13), с системой с полыми световодами, где в середине линий горизонтальных световодов встроена «корзина света», играющая роль светосборника и распределителя света. Система из двух наклонно расположенных световодов, вводящих солнечный свет в подземный торгово-развлекательный центр. Световоды длиной ориентировочно (15–20) м на площади Potsdam Platz (фирма Signer, Берлин), (рис. 14).

На этом можно было завершить моё затянувшееся повествование, но я не могу этого сделать без рассказа об удивительных, чудесных людях среди которых велась эта деятельность. Ну хотя бы о трёх основных действующих лицах.

Прежде всего, о главном авторе изобретения «Полые световоды» – Геннадии Борисовиче Бухмане (об этом я всегда писал в моей книге, статьях и докладах). Мягкий, добрый, исключительно талантливый, творческий человек. Абсолютно незащищённый человек-мечтатель из другой – будущей – эпохи.



Хочу дополнить его творческий портрет кратчайшим рассказом ещё об одном его изобретении осветительного устройства для операционного освещения кислородной барокамеры хирурга профессора Амосова, где хирург проводил самые опасные операции на сердце, повышая шанс на успех благодаря возможности насыщения крови кислородом прямо из окружающей в барокамере среды. При этом надо учесть, что кислород один из самых взрывоопасных газов.

Владимир Михайлович Пятигорский – самый мой близкий сотрудник и аспирант. Человек редкого творческого таланта, невероятной энергии, удивительно жизнерадостного характера, решающего быстро и правильно любые стоящие задачи. Успехом всех разработок КОУ с эластичными плёночными каналами и выполнением образцового монтажа новых установок (совместно с бригадой своих помощников Горовым,



Галинским и Деевым) мы обязаны именно Владимиру Михайловичу. А ассистентом Пятигорского по конструированию на ПО «Ватра» и разработке рабочей документации был О.Б. Ладыка.

Алексей Александрович Коробко – друг и полная противоположность «огненному» Пятигорскому. А.А. Коробко – человек основательный, вдумчивый, спокойный и осторожный, большого творческого



таланта. Никаких скоропалительных решений, всё должно быть взвешено, проанализированы все возможные события при будущем монтаже и эксплуатации. Всё должно быть рассчитано и прежде всего светотехнические характеристики. Работать с Коробко спокойно, очень приятно и надёжно.

Хочу выделить три важных вклада в нашу работу:

– разработка методов расчёта полых световодов и осветительных установок с ними;

– светотехническая схема гелио-осветительной установки, использованной при разработке «Helliobus»;

– участие в проекте освещения павильона товаров народного потребления десятью линиями световодов и использования всего четырёх мостков для установки двухсторонних вводных устройств и принципиально другой системы обслуживания.

Выработка и расчёт совместно с Пятигорским поднаправления «Плоские полые клиновидные световоды». Написал и защитил великолепную диссертацию. По моему мнению, давно заслуживает присвоения ему звания доктора наук.

Это не деловая характеристика для передачи в отдел кадров, это – эмоциональное ощущение к людям, которыми я восхищаюсь и благодаря которым я провёл самые счастливые годы своей творческой жизни, но одновременно и самые тяжёлые.

Говоря о трудностях этого периода моей жизни, я имел в виду то, что всё более увлекаясь проблемами полых световодов, я был готов бросить все остальные дела, но быстро понял невозможность этого. Моя основная работа была в то время во ВНИСИ, где я руководил научным отделом из пяти лабораторий. Бросить это всё в разгар работы было бы предательством, на которое я не способен.

В это же время после двухгодичных собеседований, сбора справок и отзывов я совершенно неожиданно получил приглашение в ЦК КПСС, где мне сообщили, что я назначен по рекомендации профессора В.В. Мешкова и директора ВНИСИ Т.К. Глазунова главным редактором общесоюзного научно-технического журнала «Светотехника». Это был декабрь 1968 г., с началом выполнения обязанностей с января 1969 г.

Оставалось только одно: собраться со всеми силами, перестроится, мобилизовать все резервы здоровья и браться за это, выполнить всё на хорошем уровне, и вовремя.

Так я и сделал.

Благодарю всех прочитавших и – в особо большой степени – тех, кто отозвался на этот труд.

P.S. Выражаю искреннюю благодарность за огромную помощь при написании этой статьи Е.А. Булгаковой и Е.Н. Истюнкиной.

Ю.Б. Айзенберг
30 мая 2020 года,
на коронавирусном карантине
пос. Удельное, МО