

Полюе протяженные световоды на современном этапе

Ю.Б. АЙЗЕНБЕРГ, Г.Б. БУХМАН, А.А. КОРОБКО, В.М. ПЯТИГОРСКИЙ

ОАО «ВНИСИ»*, НПО «Светосервис»**, Экотехсвет

В 1992 г. в рамках МКО была организована репортерская группа R-3.07 «Hollow Light Guides» — «Полюе световоды», преобразованная в 1995 г. на сессии МКО в Эдинбурге в Технический Комитет МКО ТС3.30 с этим же названием***. Тем самым было официально признано новое направление светотехнической науки и техники — полюе протяженные световоды — работы в котором были начаты и успешно проводились в СССР начиная с 1965 г.

За последние 10 лет достигнут значительный прогресс в развитии осветительных устройств и установок с полюми протяженными световодами. По ориентировочной оценке 28 фирм в 12 странах занимаются разработкой, производством и применением таких устройств: ВНИСИ (Россия), Экотехсвет

(Украина), TIR System (Канада), 3M (США), Se'lux, Siteco, Hellux, Thorn (Германия), Illuminotecnica, Space Cannon, Tybosider, TTL, OVA, АЕФС Illuminazione и i'Guzzini (Италия); Philips (Нидерланды); «Heliobus» и Buhler|Scherler (Швейцария); Москвичстройинвест, «Световые Технологии» (Россия); Schreder (Бельгия); Socolec (Испания); Wheitcroft (Великобритания); Heart|Light (Япония); «Nils Light Pipe» (Швеция).

Большая часть фирм (17) использует в своих изделиях оптическую призматическую пленку полного внутреннего отражения (SOLF) и экстракторы, 11 фирм применяют зеркальноотражающее внутреннее покрытие световодов или выпускают также световоды только из диффузноотражающего и пропускающего свет материала. Большинство компаний выпускают световоды цилиндрической (в сечении) формы (рис. 1).

Важно отметить также, что четыре фирмы (ВНИСИ, Schreder, Socolec,

Wheitcroft) работают в области создания и применения плоских клиновидных световодов, а две фирмы (ВНИСИ, Se'lux) имеют опыт работы и использования криволинейных протяженных конструкций.

В основном осветительные устройства с полюми световодами используются для:

- общего равномерного внутреннего освещения;
- освещения территорий, открытых пространств и улиц (в основном в виде опорных приборов — светящих колонн или светильников с вторичными отражателями и мачтами-световодами);
- освещения тоннелей и некоторых мостов;
- декоративного, архитектурного освещения различных объектов, а также для создания светодинамических эффектов;
- световых указателей движения на дорогах;
- введения в здания и распределения в них как прямого солнечного, так и искусственного света (этому направлению посвящена отдельная статья [1]).

В настоящей обзорной статье сделана попытка рассмотреть примеры наиболее интересных конструктивных решений осветительных устройств с полюми световодами и показать ряд новых установок с ними.

Сами цилиндрические полюе протяженные световоды в абсолютном большинстве случаев базируются на использовании жестких экструдированных труб различного диаметра (от 130 до 300 мм) из пластмассы, как правило ударопрочного полиметилметакрилата (ПММА) или поликарбоната (ПК) (рис. 2). При использовании прозрачной или очень слабо замутненной пластмассы труба служит в основном защитной и несущей оболочкой, в то время как элементы оптической схемы (отражатели, пленки полного внутреннего отражения, экстракторы), определяющие светотехнические характеристики, наносятся на внутреннюю оболочку труб или располагаются внутри них (например, объемные экстракторы) [2]. Рациональные в каждом отдельном случае геометрические параметры световодов классифицированы в таблице.

В настоящее время только последняя конструкция световодов фирмы 3M и надувные мобильные световоды фирмы OVA не имеют жесткой внешней оболочки. Важно при этом отме-

* 129626, Москва, пр. Мира, 106.

** 127410, Москва, ул. Инженерная, 12а.

*** Группы экспертов R 3.07 и ТС 3.30 СИЕ с 1992 по 1999 г. работали под руководством Ю.Б. Айзенберга, с 1999 по 2002 г. — под руководством L.A. Whithead.

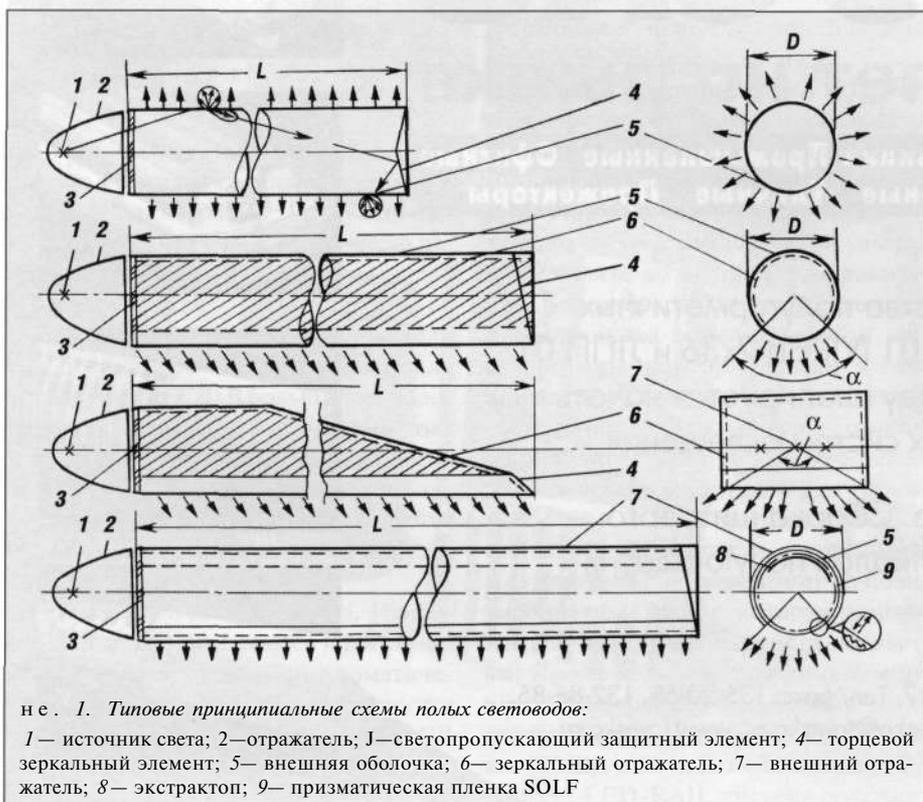


рис. 1. Типовые принципиальные схемы полюе световодов:

1 — источник света; 2 — отражатель; 3 — светопропускающий защитный элемент; 4 — торцевой зеркальный элемент; 5 — внешняя оболочка; 6 — зеркальный отражатель; 7 — внешний отражатель; 8 — экстрактор; 9 — призматическая пленка SOLF

Сравнительные характеристики различных групп полых световодов

Основные характеристики	Зеркальные шелевые	Группа световодов	
		Призматические	Диффузные
1. Степень сложности конструкции световода, в т.ч. число составляющих элементов	Простая. 1 элемент — при обложке из частично металлизированной светорассеивающей пленки; 2 элемента — при жесткой экструдированной светопропускающей оболочке и отдельном отражателе	Сложная. 3–4 элемента, 3 элемента — защитная светопрозрачная оболочка, призматическая пленка и экстрактор; 4 элемента — то же, плюс отражатель	Простейшая. 1 элемент — диффузно светопропускающая труба
2. Относительная* длина L' , в т.ч. эффективная для большинства случаев	30-40 30	40-100 40	10-15 15
3. КПД системы,** %	30-42	35-45	- (20-25)
4. Соотношение яркостей (L_n/L_k) при одностороннем вводе света в начале и в конце световода**	4-6	~2	~ (2-3)
5. Архитектурно-эстетические свойства	Недостаточная равномерность яркости для архитектурных объектов, вполне достаточная для функциональных установок и промышленных объектов	Практически равномерное распределение яркости по длине; эстетические недостатки — поперечные полосы через каждый метр, видимые дефекты изготовления и применения пленки	Практически идеальное распределение яркости для декоративных световодов и для архитектурных объектов

* Относительная длина L' равна отношению длины световода к его диаметру.

** По ориентировочно! оценке.

туть, что все первые отечественные осветительные устройства, разработанные в 70–80-х годах, имели только пленочную из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) эластичную оболочку толщиной 25–50 мкм, разные части которой служили одновременно или отражате-

лем, или рассеивателем [3]. Такие легкие, дешевые и прочные натяжные конструкции лежали в основе почти 50 000 комплектов осветительных устройств, серийно выпущенных в нашей стране в 80-е годы прошлого столетия. При этом сами световоды имели соот-

ветственно диаметры 275 и 650 мм при длине 6 и 18 мм. Определенным минусом таких конструкций для архитектурных или других репрезентативных установок была недостаточная строгость формы (слабая волнистость в поперечных плоскостях) и сложность монтажа установок (при натяге световодов большого диаметра и длины).

Интересно, что спустя 20–30 лет после практически полного перехода на использование жестких труб — защитных оболочек световодов, такая фирма-лидер как ЗМ возвратилась к безоболочным нежестким световодам (рис. 3), практически являющимся многослойными пленочными конструкциями, имеющими жесткий формообразующий несущий узел также из экструдированной пластмассы, но не светотехнической, а конструкционной [4]. Такое возвращение к эластичным световодам связано, прежде всего, с дороговизной пластмассовых труб, цена которых становится практически неприемлемой для серийной продукции, особенно при увеличении диаметров труб сверх 300 + • 350 мм. В то же время имеется настоятельная необходимость такого увеличения диаметра световодов при потребности в больших длинах и обеспечении высоких удельных (на погонный метр длины) выходящих световых потоков. Для решения этой задачи требуется использовать либо разрядные лампы большой мощности (3–6 кВт), либо несколько ламп мощностью по 0,7–1,0 кВт, как это было сделано в первых отечественных серийных устройствах со световодами с 3–4 зеркальными металлогалогенными лампами по 700 Вт [3]. Появившиеся было надежды на возможность ограничения диаметра труб до размера 300 мм при использовании безэлек-



Рис. 2. Цилиндрические жесткие световоды различного диаметра фирмы TIR Systems

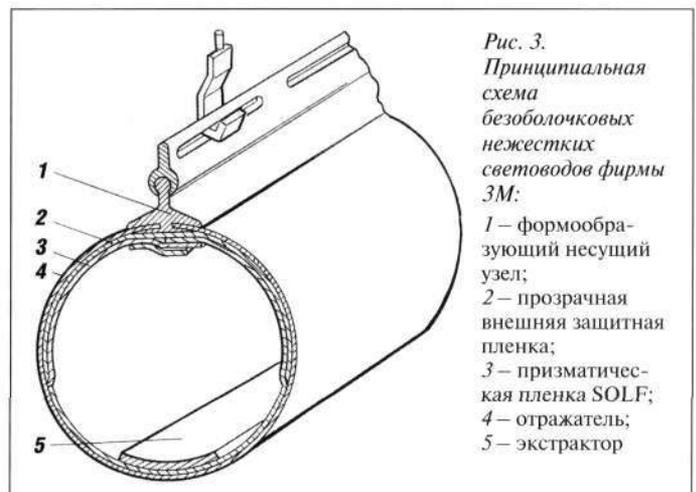


Рис. 3. Принципиальная схема безоболочковых нежестких световодов фирмы ЗМ:

1 — формообразующий несущий узел;
2 — прозрачная внешняя защитная пленка;
3 — призматическая пленка SOLF;
4 — отражатель;
5 — экстрактор

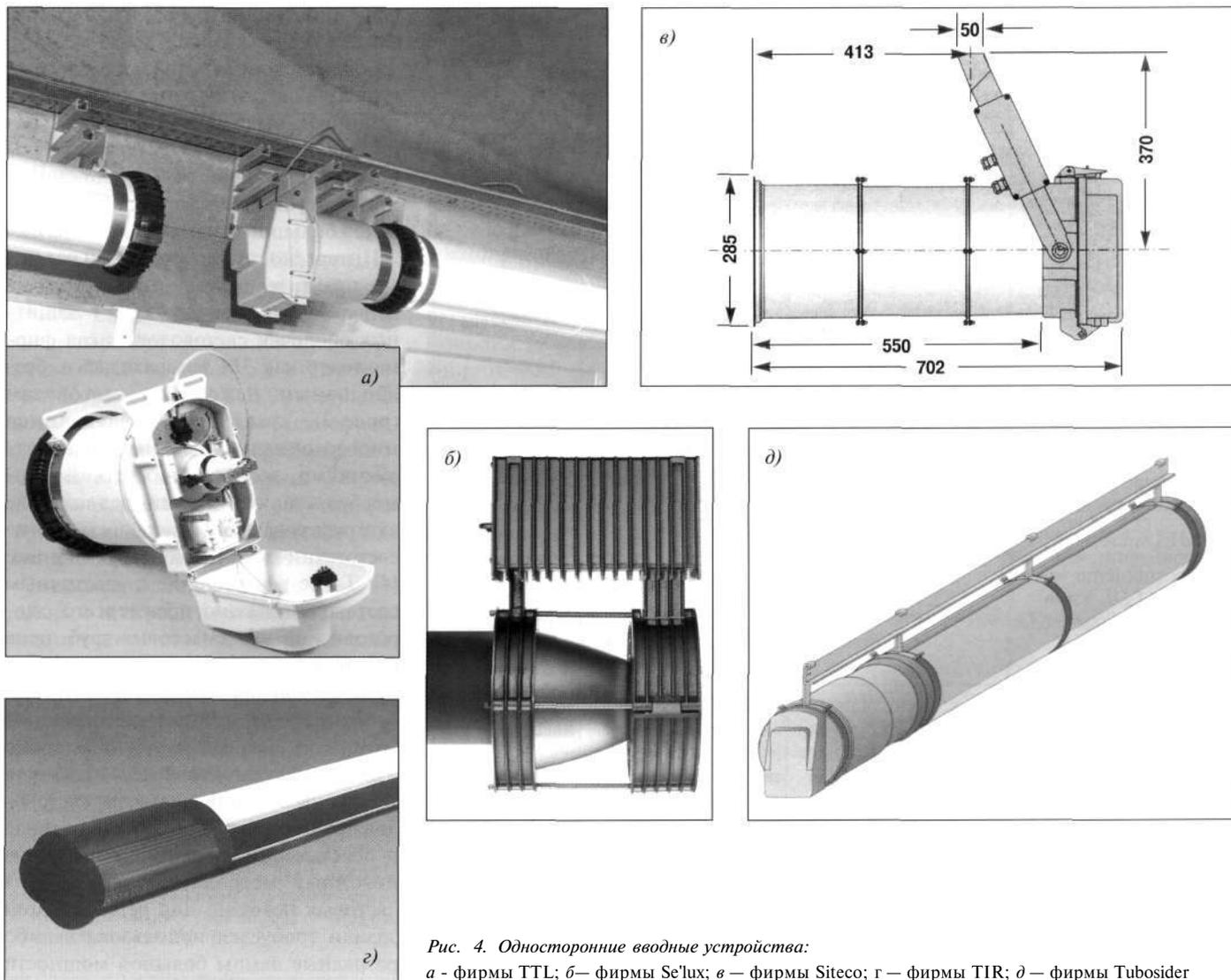


Рис. 4. Односторонние вводные устройства:

а - фирмы TTL; б— фирмы Se'lux; в - фирмы Siteco; г - фирмы TIR; д - фирмы Tubosider

тродных сверхвысокочастотных сер-
ных ламп мощностью 1 кВт с малым
размером светящего тела и высокой
световой отдачей и сроком службы, к
сожалению, исчезли вместе с изъятием
из производства, как этих ламп, так и
ЭП РА для них.

Нельзя не отметить, что эластичные
многослойные каналы новой конст-
рукции также не обеспечивают как
строгой цилиндричности, так и одина-
ковости формы в различных сечениях
по длине световодов.

Особняком стоят световоды для вве-
дения в здания и перераспределения в
них как солнечного света, так и света
искусственных источников. В некото-
рых из этих установок использованы
или сборные жесткие световоды квад-
ратной в сечении (установка Heliobus)
или эллиптической (установка в се-
лении Schhiers) формы с размерами
600 x 600 мм² и соответственно 650 x
x520 мм. Для защитных оболочек в

этих световодах использованы тол-
стые 10-миллиметровые листы из про-
зрачного ударопрочного ПММА, к
внутренней поверхности которых
прикреплена призматическая пленка.
В них впервые в мировой практике
применены объемные трубчатые экс-
тракторы [2, 5]. В проекте «Arthelio»
были использованы стандартные
цилиндрические трубы диаметром
300 мм из ПК. В редких случаях при-
меняются толстостенные трубы из си-
ликатного стекла [6].

Важнейшим узлом осветительных
устройств с полыми протяженными
световодами является вводное устрой-
ство (ВУ) с источниками света, оптиче-
ской системой, концентрирующей све-
товой поток требуемым образом, и пу-
скорегулирующей аппаратурой. Первые
ВУ, серийно применявшиеся в России в
60—80-е годы, базировались на специ-
ально разработанных зеркальных ме-
таллогалогенных лампах типа ДРИЗ,

мощность которых составляла от 250,
400 и до 700 Вт. Лампы устанавливались
только в односторонних ВУ (по одной
лампе, или по 3—4 лампы). Таким обра-
зом, при диаметре световода 650 мм в
него вводился с одной стороны свето-
вой поток МГЛ мощностью до 2,8 кВт.

Вместе с тем, как показали после-
дующие исследования, экономически
выгодно в ВУ применять более простые
и дешевые серийные лампы, имеющие
и больший срок службы, в сочетании с
самостоятельными отражателями, ко-
торые не сменяются со сменой ламп
после их выхода из строя. В настоящее
время в абсолютном большинстве ос-
ветительных устройств применяются
стандартные одно-, двухцокольные
МГЛ. Натриевые лампы высокого да-
вления используются весьма редко, и
лишь для неответственных случаев.
Последние имеют слишком большую
длину светящей части (горелки), пере-
распределение излучения которой в

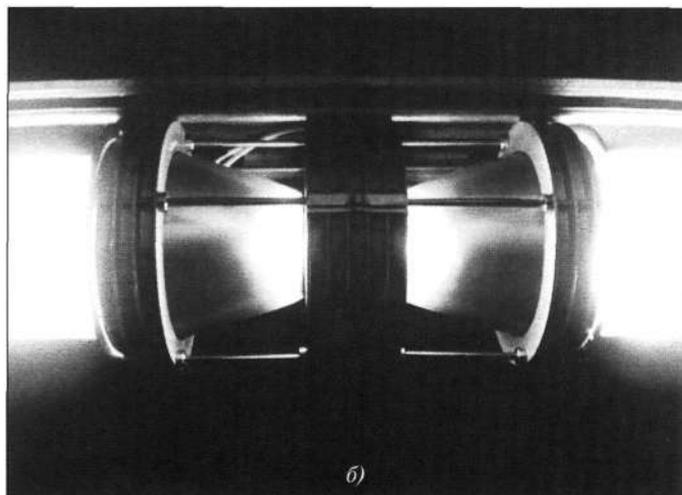
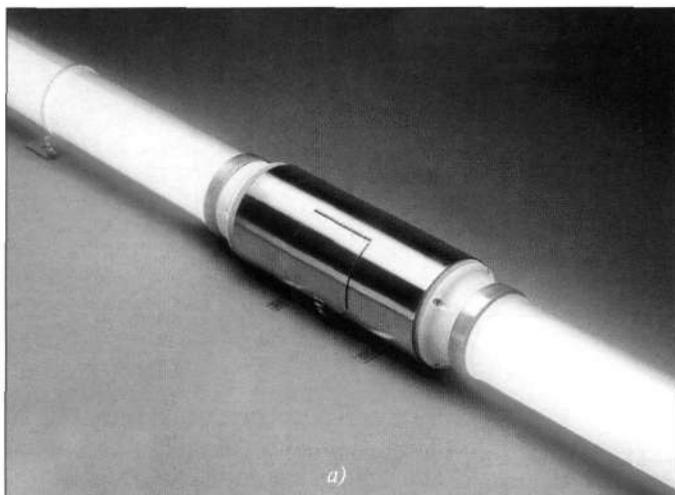


Рис. 5. Двухсторонние вводные устройства: а — фирмы T/R; б — фирмы Se'lux

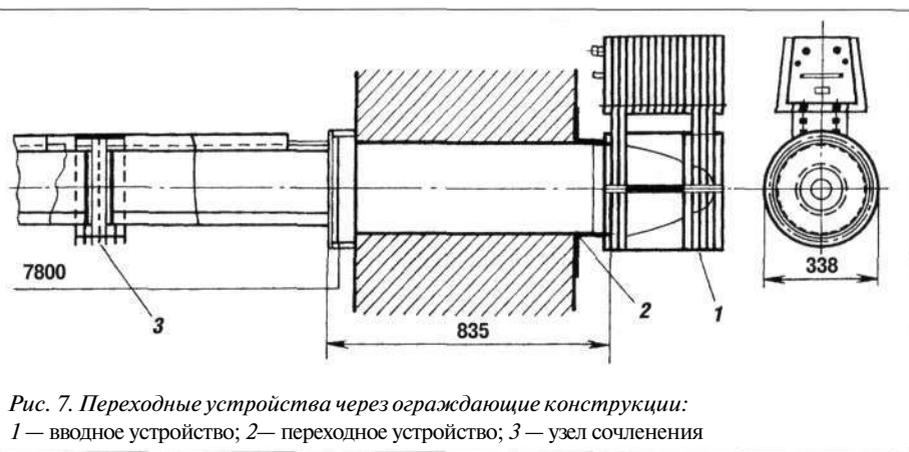
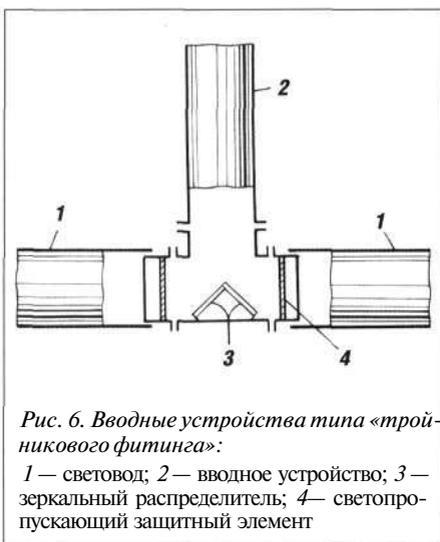


Рис. 6. Вводные устройства типа «тройниковый фитинг»:
1 — световод; 2 — вводное устройство; 3 — зеркальный распределитель; 4 — светопропускающий защитный элемент

Рис. 7. Переходные устройства через ограждающие конструкции:
1 — вводное устройство; 2 — переходное устройство; 3 — узел сочленения

продольной плоскости для ввода в торец световода весьма затруднительно. В этом смысле близки к идеальным шаровые серные СВЧ-лампы и двухцокольные малогабаритные шаровые МГЛ. Как было отмечено выше, в связи со снятием с производства серных ламп об их использовании сейчас в световодах практически не может быть речи. Вместе с тем, нельзя не отметить, что, как показали технико-экономические исследования [7], эти лампы мощностью 1000 Вт в комплекте с магнетронами, устройством вращения лампы и вентилятором не выдерживают экономического сравнения с серийными МГЛ мощностью 1000 Вт. Поэтому последние разработки крупных осветительных устройств со световодами ряда ведущих фирм (ВНИСИ, ЗМ, TIR, Se'lux) базируются именно на использовании МГЛ 1000 Вт.

В практике встречаются три вида ВУ одностороннего и двухстороннего дей-

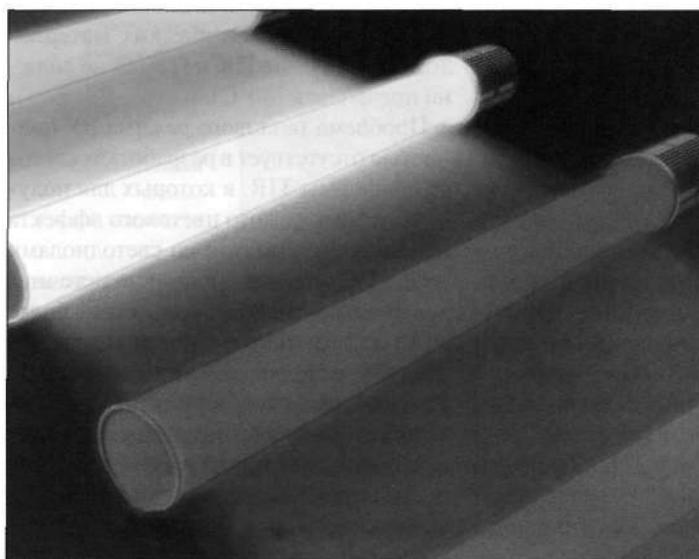


Рис. 8. Световоды фирмы TIR с цветными светодиодами

ствия (рис. 4, 5), а также их модификация с поворотом на 90° вводимого в световод светового пучка. Односторонние ВУ (рис. 4) базируются, как правило, на использовании глубоких алюминиевых параболокруговых отражателей, формирующих концентрированную кривую силы света. Двухсто-

ронные ВУ (рис. 5) содержат комбинированные параболидные «Х-отражатели», в центре которых располагается светящее тело лампы, вставляемой в ВУ сбоку, перпендикулярно оси световода. При необходимости выноса ВУ за освещаемое пространство или расположения его вне светящей линии све-

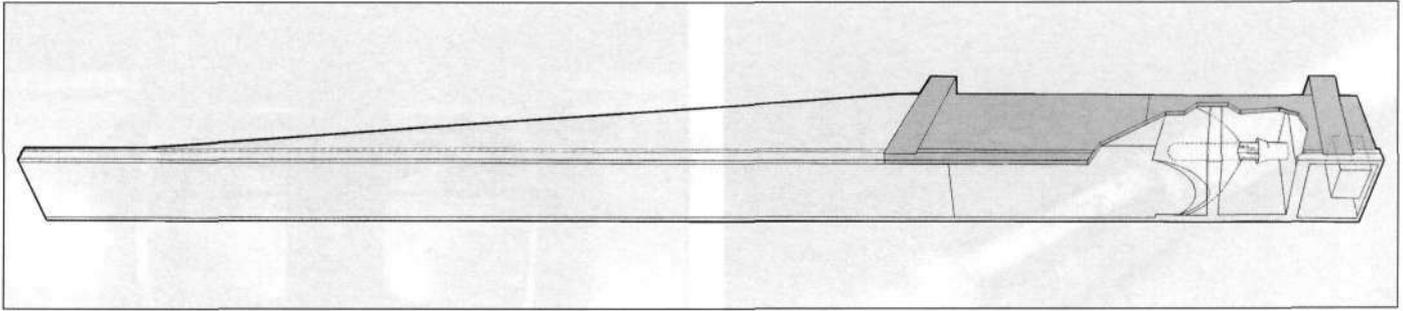


Рис. 9. Плоский клиновидный световод

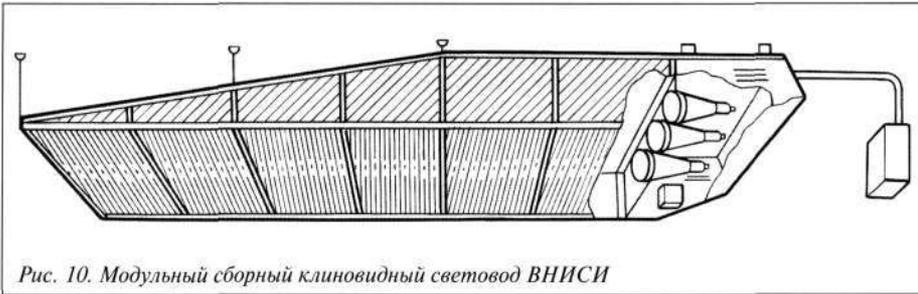


Рис. 10. Модульный сборный клиновидный световод ВНИСИ

товодов применяется ВУ типа тройникового фитинга [8], обеспечивающее поворот светового пучка (рис. 6). Особенно важно упомянуть об имеющихся переходных устройствах (рис. 7) [9], которые позволяют транспортировать свет от ВУ, расположенного вне освещаемого пространства (взрыво- или пожароопасного помещения, холодильные или вакуумные камеры, особо чистые помещения или объемы с повышенным давлением газообразной или жидкой среды), через ограждающие конструкции в световод, освещающий эти помещения или объемы.

Как правило, ВУ изготавливаются из силуминового литья, имеют оребренную цилиндрическую конструкцию, способствующую улучшению напряженного теплового режима, с торца (или торцов при двухсторонних ВУ) закрываются герметизированными термостойкими, прозрачными силикатными стеклами; степень защиты большинству ВУ — IP54, в то время, как для самих световодов — IP65. Один из блоков ВУ, содержащий балласт и зажигающее устройство, как правило, является выносным и устанавливается отдельно, но не более, чем на расстоянии 1 м от лампы, или конструктивно связан с основной частью ВУ, содержащей лампу и оптическую систему (рис. 4). Блоке ПРА, как правило, имеет исполнение IP65.

Существенным конструктивным ограничением для дальнейшего увеличения единичной(или суммарной)мощ-

ности лампы в ВУ без значительного увеличения его размера и, соответственно, самого световода, является напряженный тепловой режим ВУ. Этот фактор имеет значение не только для лимитирования температуры наружных поверхностей ВУ и обеспечения работоспособности самой лампы, но и, прежде всего, для исключения перегрева сверхдопустимых значений прилегающих к ВУ участков световодов, выполненных из пластических материалов (так T_{max} для ПК и ПЭТФ не должна превышать 140°C).

Проблема теплового режима ВУ полностью отсутствует в разработках световодов фирмы TIR, в которых для получения варьируемого цветового эффекта используются модули со светодиодами (рис. 8). Суммарная мощность источников света в этих ВУ составляет не более 30 Вт для вариантов с цветными светодиодами и не более 50 Вт — с белыми. Важнейшими особенностями таких изделий, учитывая срок службы светодиодов, составляющий 100 тыс. ч, являются цельная неразбираемая конструкция и возможность полной герметизации ВУ в связи с отсутствием необходимости замены источников света на протяжении всего периода эксплуатации, а также малый диаметр самих световодов (100 или 150 мм).

По сравнению с протяженными круглоцилиндрическими по форме световодами плоские клиновидные конструкции [10, 11] имеют целый ряд особенностей, а в ряде случаев и пре-

имущества. Осветительные устройства с клиновидными световодами, имеющие длину, как правило, не более 5 м при одностороннем вводе света, базируются не на экструдированной трубе из пластмассы и не на пленочных каналах, а на использовании коробчатых конструкций из тонколистового алюминия с высоким коэффициентом зеркального отражения. Эти конструкции перекрыты с одной стороны (выходное отверстие световода — оптическая щель) светорассеивающей или прозрачной призматической пластмассой, (рис. 9). Известны также [11] конструкции клиновидных световодов, имеющих жесткую каркасную конструкцию, ребра которой выполнены из экструдированного алюминиевого профиля, три поверхности образованы алюминированными листами двухслойного полипропилена, а четвертая — оптическая щель — листовым светорассеивающим ПММА (рис. 10). Эти жесткие световоды имеют более высокий КПД и при серийном производстве должны быть более дешевыми. При этом с помощью клиновидных световодов с прямоугольным поперечным сечением могут набираться светящиеся поверхности большой площади, например, светящиеся потолки, может легко варьироваться форма и архитектурное решение светящейся поверхности. Такие фирмы, как Schreder (Бельгия), Socolec (Испания) и Wheitcroft (Великобритания) осуществляют серийное производство клиновидных световодов с размером «оптической щели» от 3,3 до 5,1 м (по длине) и 0,274 м (по ширине). При этом наибольшая высота световода всего 0,305 м, а длина ВУ 0,6 м. В этой серии световодов используются или МГЛ 250, 400 Вт или НЛВД 150 Вт (рис. 9). Как правило, клиновидные световоды применяются для внутреннего освещения (спортивные залы, бассейны и др.). Единственным, известным нам случаем применения клиновидных светово-



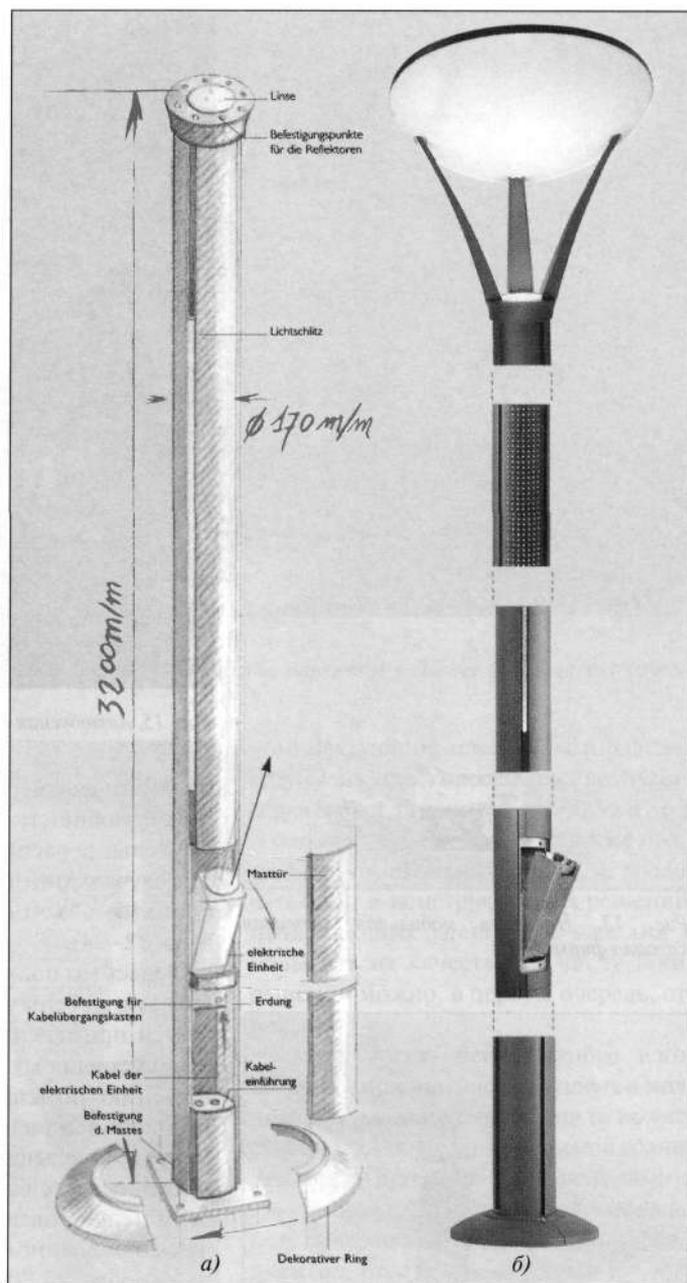
Рис. 11. Осветительные устройства с клиновидными световодами фирмы Socelec на улицах Барселоны

дов для наружного освещения явилась крупная осветительная установка (около 500 устройств) на одном из центральных проспектов Барселоны, выполненная фирмой Socelec (рис. 11).

В целом ряде случаев возможно успешное сочетание цилиндрических и клиновидных световодов, особенно в установках ввода и перераспределения в зданиях солнечного и искусственного света [1].

В отдельную группу можно выделить опорные осветительные устройства с полыми протяженными световодами в основном торцевого свечения. Как правило, устройства такого типа предназначены для наружного освещения. При этом сама опора выполняет функции транспортирующего свет полого световода с низко расположенным и удобным для эксплуатации ВУ, а требуемое светораспределение обеспечивается с помощью отдельного отражателя, положение которого может регулироваться. При этом отражатель может иметь гладкую или фасетную зеркальную поверхность или быть диффузным (рис. 12), рассеивающим свет, выходящий из опоры-световода в виде узкого коллимированного пучка. В ряде случаев, для оживления вида подобных опор в их боковой поверхности

Рис. 12. Осветительные устройства для наружных установок с опорами — торцевыми Польши световодами фирмы Philips: а — принципиальная схема; б — вид устройств



выполняются декоративные прошивки (отверстия различной формы и размера).

Неожиданное решение нестационарных осветительных устройств с эластичными диффузными каналами нашла итальянская фирма OVA [12]. Конструкция этих световых колонн высотой 5 м и диаметром около 400 мм (рис. 13) функционирует при обеспечении непрерывного поддува внутреннего объема световода с помощью вентилятора, питаемого от автомобильного аккумулятора. Мобильность, простота и относительная дешевизна устройства позволяют находить достаточно широкую область его использования в аварийных ситуациях. Вызывает только недоумение расположение тяжелой

лампы МГЛ мощностью 400 Вт с патроном не внизу, а наверху в конце канала, где мог бы располагаться легкий отражатель.

Все большее применение находят простейшие диффузные, относительно короткие световоды [9, 13] в виде вертикально или наклонно установленных светильников. Такие устройства уже широко применяются как для наружного, так и для внутреннего освещения, в том числе декоративного (рис. 14—19). Фирма Space Cannon широко использует такие устройства в виде различных пространственных композиций, применяя в ВУ управляемые кассеты с различными цветными фильтрами. На целом ряде выставок и празднеств эта фирма устраивала с по-

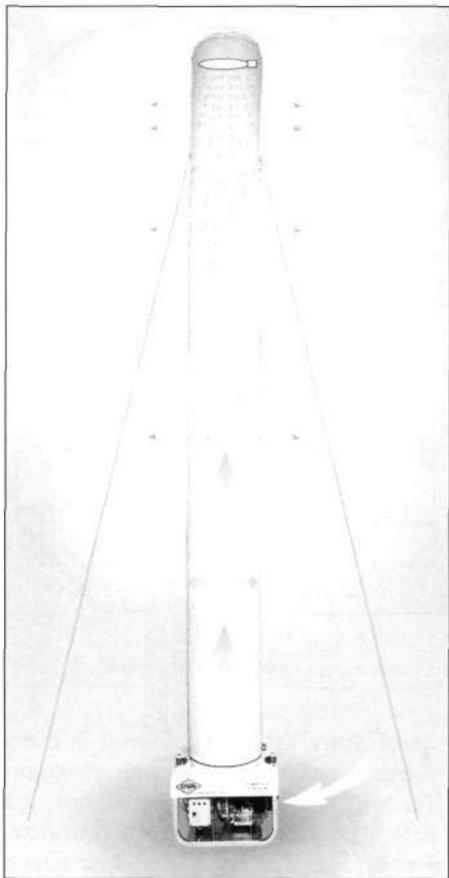


Рис. 13. Надувная мобильная световая колонна фирмы OVA



Рис. 14. Башня со световодом на автобусной остановке в Louth, Англия (фирма Se'lux)

мощью световодов спектакли света, цвета и музыки (рис. 20 и 21).

Декоративные вертикальные светящиеся колонны, столбики и торшеры с



Рис. 15. Автобусная остановка со световодами в Лондоне (фирма Se'lux)

призматической пленкой SOLF и МГЛ малой мощности в ВУ также находят все большее распространение. Во многих случаях они применяются с внутренними объемными экстракторами (рис. 22-24).

И здесь мы подходим к одной из наиболее интересных и перспективных областей применения полых световодов — совмещенному (интегральному) освещению помещений, не имеющих дневного освещения или с недостаточным таким освещением, прежде всего в многоэтажных зданиях [1, 2]. Наряду с этим использование полых световодов для совмещенного освещения весьма целесообразно [2] также в высоких одноэтажных помещениях с большой плотностью расположения оборудования и трудностью обслуживания отдельных систем искусственного освещения, в атриумах, для освещения заглубленных и подвальных помещений.

Не останавливаясь в статье подробно на этой важной проблеме, отметим только, что первые исследования таких установок [14] показали их высокую комфортность, экономичность и удивительную особенность создавать динамичное, постоянно изменяющееся в соответствии с обстановкой на небе естественное освещение помещений. В осветительной установке «Heliobus» четырехэтажной школы в St. Gallen (Швейцария) удалось в два раза снизить установленную мощность, в 3,5—5 раз уменьшить расход электроэнергии

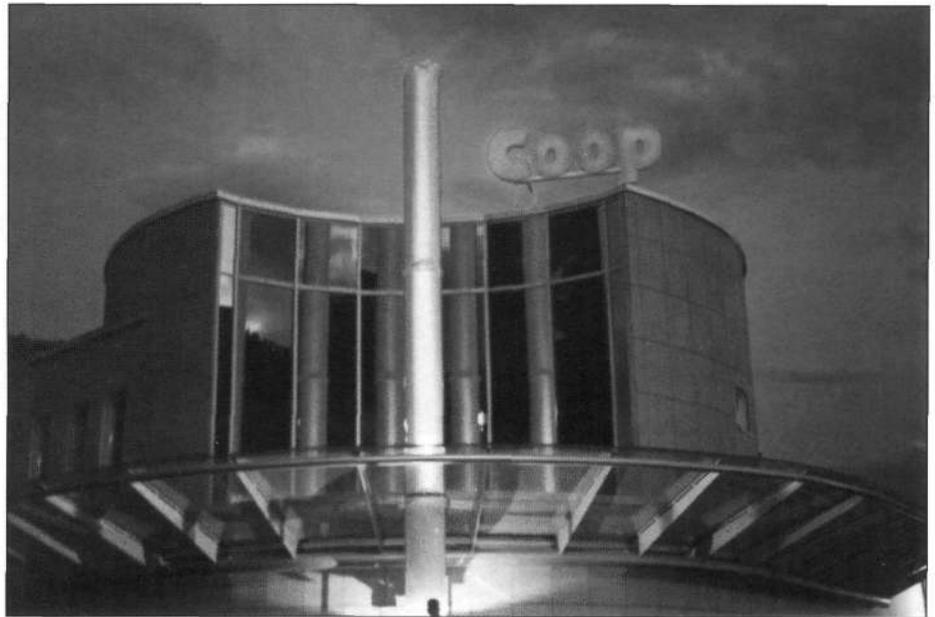
(благодаря снижению времени использования искусственного освещения) при качественном улучшении световой среды [2].

Не вызывает сомнений перспективность широкого применения интегральных систем совмещенного освещения зданий глубокого заложения и других сооружений без достаточного солнечного освещения. При этом особо важно подчеркнуть возможность серийного промышленного изготовления основных узлов и элементов таких установок, как предлагает Dr. Cluney с сотрудниками [15], типовых гелиостатов, приемных и вводных устройств, вертикальных цилиндрических и горизонтальных клиновидных световодов нескольких наиболее эффективных форм и размеров. Из таких узлов могут собираться различные варианты интегральных осветительных установок относительно небольшой стоимости. Предложения по принципам создания таких интегральных установок изложены в статье [1].

Подтверждением того, сколь большое значение придают архитекторы взаимосвязи изолированных от естественного света помещений (как правило, подземных или заглубленных) с внешним пространством, определяемой, прежде всего, наличием солнечного света и его динамикой, является дорогостоящая установка с полыми протяженными световодами, установленная на Potsdamer Platz в Берлине



а)



б)

Рис. 16. Вертикальный световод с автоматически регулируемым цветовым режимом перед супермаркетом в Давосе (Швейцария) Buhler Scherler): а — вид сбоку; б — фронтальный вид



Рис. 17. Аллея колонн-световодов на набережной в Барселоне (Испания)



Рис. 18. Аллея колонн-световодов на стенде фирмы Targetti (выставка light + building 2002 во Франкфурте)

[6]. Эти наклонные световоды (рис. 25) позволяют ввести солнечные зайчики в подземное помещение крупного супермаркета. Световоды высотой 14, 18 и 21 м имеют стальную трубу в качестве оси конструкции и стеклянную трубу-оболочку (диаметр 1 м). Обе трубы покрыты двумя слоями призматической пленки SOLF (внутренняя и наружная поверхности стеклянной и стальной трубы соответственно)

Важнейшим и, пожалуй, единственным тормозом дальнейшего значитель-

ного расширения производства и применения полых протяженных световодов является их высокая цена (200—400 USD за погонный метр магистрального световода). Каковы перспективы ее снижения? Главная из них связана с переходом от единичного полукустарного производства практически только по индивидуальным заказам к серийному постоянному производству. При этом не только снизится себестоимость самого изготовления осветительных устройств, но и цены на все основные

комплектующие материалы и изделия (трубы из пластмассы, пленки SOLF, зеркальный алюминий с $\rho > 0,95$ и др.). В ближайшее время можно также ожидать новых технологических, а, следовательно, и конструктивных решений, позволяющих удешевить изделия и повысить их качество. К числу таких решений можно, в первую очередь, отнести:

- технологию непрерывного изготовления призматической пленки полного внутреннего отражения (а не участками по 1 м длиной с видимой границей между призматическими зонами);
- технологию получения зеркальной поверхности с высоким коэффициентом отражения для любой части внутренней поверхности труб световодов без применения отдельно вставляемых алюминиевых отражателей;
- применение нового материала — Multi Layer optical Film с $\rho > 0,98$, разработанного фирмой ЗМ.

Трудно переоценить значение проводимых рядом фирм работ по созданию конструкции и технологии полых световодов, базирующихся не на цельных трубах из пластмассы.

По мере увеличения производства и применения все расширяющейся номенклатуры осветительных устройств с полыми протяженными световодами встает вопрос о необходимости возобновления и развития научно-исследовательских работ в этой области, которые интенсивно проводились в бывшем СССР в 70-80-е годы, а затем и



Рис. 19. Крупномасштабный паркинг в Страсбурге с наклонными световодами (фирма Se lux)



Рис. 21. Спектакли света и цвета со световодами разного диаметра, длины и расположения (выставка light + building 2002 во Франкфурте)



Рис. 22. Световые колонны-световоды в MillenniumCenter в Будапеште [16]

в Канаде. Всего с начала работ было опубликовано по ориентировочной оценке более 130 научно-технических статей, получено около 85 патентов и защищено 5 диссертаций на эту тему (Ю.Б. Айзенберг, Г.Б. Бухман, В.М. Пятигорский,



Рис. 20. Системы Space Cannon с цветными световодами



Рис. 23. Декоративные световоды фирмы АЕФС Illuminazione

А.А. Коробко, L Whithead), в то время, как за последние 13 лет — лишь одна (А. Rosemann).

Вместе с тем остаются неисследованными вопросы слепающего действия линий протяженных световодов с равномерной и неравномерной яркостью, требуют развития компьютерные методы светотехнических расчетов как самих осветительных устройств с различными видами полей, протяженных световодов, так и осветительных установок с ними. Важным шагом в развитии этого направления явилось создание фирмой PRC (Германия) фотометрической установки для измерений кривых силы света различных участков световодов и получения первой объективной информации об их светораспределении, но остаются нерешенными задачи широкого использования этих методов и оборудования.

Очень важно приступить к изучению эксплуатационных характеристик установленного парка осветительных устройств с полами световодами, выявить недостатки и оце-



Рис. 24. Световоды фирмы Thorn



Рис. 26. Освещение бассейна световодами фирмы TIR (длина 32 м, вводное устройство для МГЛ 400 Вт с каждой стороны)

Рис. 25 а, б.
Наклонные световоды для передачи солнечного света в подземный супермаркет на Potsdamer Platz, Берлин
а — над землей;
б — в подземном помещении



а)

б)



нить не только первоначальные параметры, но и динамику их изменения при работе в различных условиях. Это позволит получить дополнительную статистически достоверную

информацию для развития конструкторских и технологических работ.

Настоящая статья иллюстрируется некоторым числом примеров различных осветительных устройств и установок с полыми протяженными световодами, которые либо вообще не были опубликованы в светотехнической печати до настоящего времени, либо мало известны [16].

В заключение необходимо выразить удовлетворение тем, что дело, начатое Г.Б. Бухманом в бывшем СССР в 1965 г. [17, 18], вызвавшее в то время много сомнений и возражений, получило, хотя и не столь быстрое, как хотелось бы, но масштабное развитие. За прошедшие почти четыре десятилетия это направление светотехнической науки и техники стало практически признанным и обычным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Ю.Б. Интегральные системы освещения помещений без достаточного естественного света. Светотехника. 2003. № 1. С. 22-27.
2. Айзенберг Ю.Б., Буоб В., Зигнер Р., Коробко А.А., Пятигорский В.М. Система совмещенного освещения школьного здания солнечным и искусственным светом на основе полых световодов. Светотехника. 1996. № 8. С. 8-18.
3. Айзенберг Ю.Б., Буоб В. and other. Daylighting and artificial lighting of Central zones of multi-storey building with Hollow Light Guide System «Heliobus». Proceedings of Lux-Europa 97.
4. The same authors. Ein Beleuchtungs system mit hohlen Lichtwellenleitern für das richtige Licht zum Lernen. Licht, 1997, №6, s. 509-515; N 10, s. 796-800.
5. Айзенберг Ю.Б., Бухман Т.Е., Пятигорский В.М. Новый принцип внутреннего освещения осветительными устройствами со щелевыми световодами. Светотехника. 1976. № 2. С. 1-5.
6. Патент США WO 97/24553 PCT/US 96/20492 Supporting structure for a prism light guide.
7. Айзенберг Ю.Б., Буоб В., Майсен Т. Гелиостатно-световодная система освещения рекреаций школы. Светотехника. 2002. № 4. С. 24-25.
8. Signer R. «Hollow Light Guides at Potsdamerplatz in Berlin» Light and Engineering, 2001, V 9, N 1, p. 25-26.
9. Рохлин Т.Н. О характеристиках новых безэлектродных микроволновых серных ламп. Светотехника. 1997. № 4. С. 19-23.
10. Айзенберг Ю.Б., Бухман Т.Е., Шефтель Е.Б. Взрывоопасный электрический светильник-световод. Авт. свидет. СССР № 269302, опубл. в Б.И. 1970, № 15.