

# Современное состояние и перспективные направления исследований в области освещения зданий и сооружений в архитектурно-строительных вузах и НИИ

А.К. СОЛОВЬЁВ

НИУ МГСУ, Москва  
E-mail: agpz@mgsu.ru

## Аннотация

Приводятся краткие исторические сведения о направлениях научных исследований в области строительной светотехники и проектирования естественного освещения зданий в XX в. Рассматриваются темы перспективных научных исследований для инженеров, архитекторов и светотехников, работающих в области проектирования естественного и совмещённого освещения зданий. Отмечается, что строительная светотехника является комплексным научным направлением, требующим синтеза научных знаний как в области светотехники, строительства и архитектуры, так и в области других, в том числе и гуманитарных, дисциплин.

**Ключевые слова:** строительная светотехника, внутренняя среда, световой климат, бактерицидное воздействие, солнечный свет, диффузный естественный свет, световое поле, цилиндрическая освещённость, динамика освещения, светопроёмы, стеклянные фасады, остекление, теплопотери, теплопоступление, световоды, автоматическое регулирование освещения, экономия энергии.

## 1. Краткая история развития строительной светотехники со 2-й половины XX в. до наших дней

Интерес к проектированию естественного и совмещённого освещения зданий в последние годы растёт. Различные фирмы, производящие современное остекление, проводят международные конференции, посвящённые системам естественного освещения зданий, привлекающие большое количество архитекторов и специалистов-светотехников. В то же время, несмотря на то, что Международная комиссия по освеще-

нию (МКО) основное внимание уделяет вопросам искусственного освещения и связанным с ним научным направлениям светотехники, в последнее время она организовала новый совместный технический комитет (JTC) «Зрительные, оздоровительные и средовые преимущества окон в зданиях в дневные часы». Этот технический комитет будет включать членов Отделения 3, «Внутренняя среда и проектирование освещения» и Отделения 6 «Фотобиология и фотохимия» [1]. Но пока исследования в области гигиены и физиологии освещения и влияния света на здоровье человека (например, [2]), также посвящены, в основном, искусственному освещению или освещению безотносительно его источника. В то же время, ещё в середине XIX века гигиеническое воздействие естественного света привлекло к себе внимание учёных. Сначала это касалось бактерицидного воздействия солнечного света. Затем преимущество диффузного естественного света стало очевидным.

Изобретение люминесцентных ламп дало возможность значительно повысить уровни освещённости в зданиях и привело к соблазну строительства безоконных и бесфонарных зданий. В США перед второй мировой войной без окон и фонарей начали стоять даже школы, полностью отгородившись от естественного света. Особенно эта тенденция проявила себя в строительстве промышленных зданий. Однако вскоре падение производительности труда и повышенная утомляемость людей в таких зданиях заставили учёных искать причины этих негативных явлений. Причины вскоре были найдены: это монотонность освещения, отсутствие динамики, присущей естественному свету, отсутствие связи с внешней средой, потеря

чувства времени. Это вскоре поняли и производственники. Так, во второй половине XX века автору пришлось по заказу предприятий вести работы по устройству зенитных фонарей в безоконных и бесфонарных цехах Череповецкого сталепрокатного завода и Херсонского текстильного комбината. Устройство зенитных светопроёмов в покрытии одноэтажных многопролётных цехов этих предприятий устранило монотонность освещения. Что касается связи с внешней средой, то многие учёные в Европе считали, что такую связь могут обеспечить только боковые светопроёмы, т.е. окна [3]. Но анкетные опросы людей, работающих в Череповце и Херсоне после устройства фонарей в покрытии цехов, показало, что минимальную связь с внешней средой могут обеспечить и системы верхнего естественного освещения, так как они дают человеку чувство времени и представление о погоде снаружи. Говорить о клаустрофобии в больших помещениях не приходится, так как в них достаточно внутренней информации. В небольших помещениях этот фактор также добавляет негативные ощущения в безоконных и бесфонарных зданиях. Кроме того, до сих пор не исследовано влияние спектрального состава света и его динамики при естественном освещении в сравнении с линейчатым спектром при освещении люминесцентными лампами. Влияние на человека освещения светодиодами также ещё не до конца изучено.

На рис. 1 показан комплекс высотных зданий «Москва-Сити». Все фасады этих зданий выполнены из стекла. Эта тенденция современной архитектуры широко распространена как в России, так и за рубежом. Огромные площади остекления позволяют в максимальной степени использовать естественный свет. Но через окна зимой из здания уходит тепло, очевидно, в большей степени, чем через глухие участки стен. Летом через окна в помещение поступает солнечная радиация и перегревает их. Это вызывает значительные затраты тепла для восполнения теплопотерь зимой и значительные затраты энергии на охлаждение воздуха, связанное с ликвидацией теплопоступления летом. Однако максимальные площади остекления позволяют в дневное время полностью отказаться от искус-

венного света в помещениях. Это даёт экономию энергии.

Затраты энергии могут быть снижены за счёт проектирования энергоэффективных светопрозрачных конструкций, применения солнцезащиты и применения новых энергоэффективных систем искусственного освещения, например, светодиодов или автоматического регулирования дополнительного искусственного освещения.

В СССР исследования в области естественного освещения занимались многочисленные учёные, работавшие в Научно-исследовательском институте Строительной физики Госстроя СССР, теперь НИИСФ РААСН. В 50-е годы XX в. эту научную школу возглавляли такие учёные, как проф. Н.М. Гусев и проф. Н.Н. Киреев. Большую роль в развитии строительной светотехники сыграли проф. Н.В. Оболенский и сотрудники геофизической обсерватории МГУ Н.П. Никольская и Т.В. Евневич, работавшие в тот период в области светового климата СССР. Этот период времени можно считать расцветом строительной светотехники. В это время многочисленные аспиранты НИИСФ защитили кандидатские диссертации и стали работать в различных вузах СССР. В некоторых вузах образовались научные школы в области строительной светотехники. Например, это Ташкентский архитектурно-строительный институт, где такую школу возглавил проф. Х.Н. Нуретдинов, Макеевский инженерно-строительный институт, теперь Донбасская академия строительства и архитектуры (В.А. Егорченков), Магнитогорский горно-металлургический институт, теперь Магнитогорский государственный технический университет (проф. В.С. Федосихин и С.И. Чикота), Краснодарский политехнический институт, теперь Кубанский технологический университет (проф. В.Т. Иванченко), Таджикский политехнический институт, теперь университет (У.Н. Раджабов и К.Х. Хамидов). Отдельно следует отметить научную школу Нижегородского архитектурно-строительного университета во главе с Д.В. Бахаревым, под руководством которого защитила докторскую диссертацию проф. Л.Н. Орлова и другие специалисты, а также научную школу Московского инженерно-строительно-

Рис. 1. Фотография комплекса Москва-Сити



го института, теперь НИУ МГСУ, где под руководством проф. А.Н. Кондратенкова, проф. А.К. Соловьёва и С.В. Стецкого защитили кандидатские диссертации руководители научных школ в вышеперечисленных вузах, а также работники высших школ Вьетнама, Монголии, Китая, Сирии, Ирака, Афганистана и др.

К сожалению, в последние 25 лет развитие научных школ замедлилось и происходило, в основном, в МИСИ-МГСУ, Нижегородском ГАСУ и Магнитогорском ГТУ, где продолжали вестись научные исследования и защищались кандидатские диссертации. В последние годы наметились положительные тенденции в развитии строительной светотехники и в Научно-исследовательском институте строительной физики (НИИСФ РААСН), где проводятся интересные научные исследования под руководством И.А. Шмарова и В.А. Земцова, защищаются кандидатские диссертации.

## 2. Научные направления в области строительной светотехники, разрабатываемые в настоящее время

Основным научным направлением в области строительной светотехники продолжает оставаться совершенствование методов расчёта естественного освещения в зданиях. Современные возможности, которые даёт применение ЭВМ, позволяют моделировать естественное освещение помещений при различных условиях облачности, производить визуализацию условий естественного освещения помещений. В этой области разработаны различные программы для

ЭВМ, некоторые из которых отражают условия естественного освещения с достаточно высокой точностью [4, 5]. Поэтому для исследовательских целей нет проблемы смоделировать, например, небосвод при любом состоянии облачности. При этом отпала необходимость в создании дорогостоящих установок «Искусственный небосвод». Экспериментальную проверку своих исследований можно проверить в помещении или на модели помещения под естественным небосводом, предварительно рассчитав величины относительной освещённости ЭВМ для аналогичного состояния облачности, времени дня и времени года. Однако для архитекторов и инженеров-строителей в процессе проектирования здания необходимо иметь возможность оперативной проверки условий естественного освещения в помещениях, оперативно изменить размеры, формы и расположения светопроёмов. Для этого желательно иметь достаточно точные инженерные методы расчёта естественного освещения в помещениях, которые не требуют трудоёмкого ввода исходных данных и которые можно оперативно использовать в проектировании.

Совершенствование инженерных методов расчёта от простейших (замена графиков А.М. Данилюка формулами для расчёта геометрического КЕО) до точной формулы для расчёта составляющей КЕО от прямого света небосвода с конхoidalным распределением яркости проводилось в МИСИ – НИУ МГСУ. Так, величина, определяемая по графику А.М. Данилюка № 1, рассчитывается по формуле:

$$n_1 = \frac{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2}{2} \cdot 100. \quad (1)$$

Величина, определяемая по графику А.М. Данилюка № 2, рассчитывается по формуле:

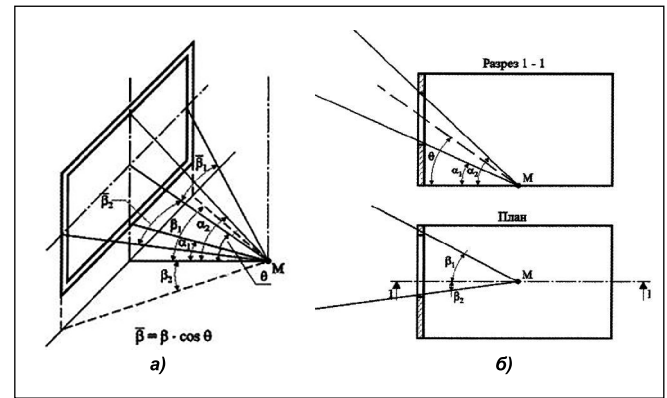
$$n_2 = \frac{1}{\pi} \left( \frac{\bar{\beta}_2 - \bar{\beta}_1}{180^\circ} \pi + \sin \bar{\beta}_2 \cdot \cos \bar{\beta}_2 - \right. \\ \left. - \sin \bar{\beta}_1 \cdot \cos \bar{\beta}_1 \right). \quad (2)$$

Все углы можно выразить через геометрические параметры помещения (рис. 2).

Это приближённые формулы, т.к. они получены в результате отдельного интегрирования двойного интеграла А.М. Данилюка [6]. Более точная формула получена также в НИУ МГСУ с помощью точного решения двойного интеграла светового потока. В современном СНИПе приводятся устаревшие значения светопропускания проёмов. В последние годы в НИИСФ исследуются новые светопропускающие материалы (Е.В. Коркина), а также влияние новых оконных переплётов и вертикальных и горизонтальных импостов. Этим занимается в г. Нижний Новгород ученик Д.В. Бахарева И.А. Зимнович.

Необходимо совершенствование учёта света, отражённого от внутренних поверхностей помещения и от прилегающих поверхностей земли, и балконов, лоджий, галерей и т.п. Этот вопрос разработан давно с использованием для эксперимента купола «Искусственный небосвод», что привело к значительным неточностям и ошибкам. Метод нуждается в уточнении. Этим занимается И.А. Зимнович, но пока работа не доведена до конца, и здесь ещё большое поле деятельности для молодых исследователей, легко использующих для этого современные программы для ЭВМ, например, программы типа *Radiance*. Но результатом должен быть инженерный метод, похожий на привычный из СНИПа. Также нуждается в уточнении метод учёта отражённого света от противостоящих зданий, в том числе и с зеркально отражающими фасадами. Инженерные методы решения задач строительной светотехники позволяют проектировщикам оперативно изменять архитектурно-конструктивные решения зданий, в которых задачи строительной светотехники составляют лишь

Рис. 2. Схема к расчёту составляющей КЕО от прямого света небосвода



небольшую часть вопросов, которые должны быть решены. Поэтому они должны быть просты и оперативны и не включать в себя большой объём работы по вводу исходных данных, большинство из которых представляют собой геометрические параметры зданий, меняющиеся в процессе проектирования. Отдельно должны быть решены сложные задачи типа расчёта КЕО в атриумах и в прилегающих к ним помещениях.

Совершенствование методов расчёта включает также проверку справедливости основных допущений, которые делаются при расчётах характеристик естественного освещения. В 2016 г. была завершена совместная работа НИИСФ и НИУ МГСУ по разработке ГОСТа по учёту неравномерной яркости неба при различных условиях облачности [7]. Учёт неравномерной яркости неба имеет две цели, первая из которых – обеспечить выполнение сравнительных расчётов естественного освещения в помещениях (например, для сравнения с нормами). Эта задача требует разработки стандартного распределения яркости по небосводу независимо от ориентации светопроёмов со стандартным учётом светового климата местности. Причём это может быть и пасмурный небосвод при десятибалльной облачности, когда яркость его изменяется только по меридиану и не изменяется по широте (конхоидальный небосвод).

Вторая задача связана с определением энергетической эффективности систем естественного освещения зданий, которое включает в себя определение не только затрат электроэнергии не искусственное освещение, но и затрат энергии на восполнение теплопотерь и ликвидацию теплопоступлений через светопроёмы. С этой целью должны быть определены усло-

вия распределения яркости по небу при различных условиях облачности. Стандарт содержит метод решения этой задачи, однако модели распределения яркости для конкретных районов России ещё предстоит разработать. Эта работа может привести в будущем к заветной цели ученых-светотехников конца XX в. – к светотехническому районированию территории России.

Вопросы естественного освещения зданий нельзя решать в отрыве от решения вопросов инсоляции и солнцезащиты. Нормирование инсоляции в настоящее время ведётся в часах. Оно показывает, в течение какого времени в определённые месяцы года прямые солнечные лучи должны проникать в квартиру. Причём в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах достаточно, чтобы солнце проникало на подоконник в одной из жилых комнат в течение 2-х часов с 22 марта по 22 сентября (разумеется, когда солнце не закрыто облаками). Это нормы для Москвы. Для других городов даты могут быть другими. В центральных районах больших городов с высокой плотностью застройки нормы допускают сокращение продолжительности инсоляции до 1,5 ч. Нормы инсоляции разработаны для Минздравсоцразвития РФ врачами-гигиенистами. Это СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1076.03 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите жилых и общественных зданий». Нормирование инсоляции по времени объясняется гигиенистами тем, что за 2 ч в чашке Петри под лучами ультрафиолетовой радиации погибают бактерии туберкулёза – палочки Коха. При этом не учитывают тот факт, что пятно солнечного света может быть только на подоконнике в одной комнате квартиры и что ультрафиолетовая радиация многократно уменьшается при про-

Рис. 3. Пример  
различного  
освещения лица  
человека



хождении через обычное остекление. На Западе нормирование инсоляции производится только из психологических соображений. При этом нормы там отнюдь не меньше, чем в России. В 70-е годы энергетическим нормированием инсоляции занимались проф. В.А. Белинский и другие учёные [8]. В наши дни этими вопросами занимается Казанский архитектурно-строительный университет. Там под руководством проф. В.Н. Куприянова возобновляются работы по энергетическому нормированию инсоляции (Ф.Р. Халикова).

В России пока что мало внимания уделяется тому, что требуется человеку от световой среды при естественном освещении помещений. Гигиенисты, золотой период работы которых также приходится на вторую половину XX в., исследовали и нормировали освещённость для различных зрительных работ применительно к искусственному освещению. Нормирование естественного освещения по КЕО производится исходя из равенства годового количества естественного и искусственного освещения в помещении. Эта система была предложена проф. Н.Н. Киреевым вместо существовавшей до середины XX в. системы нормирования по равенству годового количества эффективного естественного освещения, предложенной Т.А. Глаголевой на основе закона Вебера – Фехнера. Все исследования проводились для плоских объектов на горизонтальной поверхности. В основном, это были написанные объекты и кольца Ландольда без учёта яркости вуалирующей пелены.

Для объёмных объектов различения в пространстве, а также для характеристики общей насыщенности светом помещения, нормирование на горизонтальной плоскости не подходит. В этом случае надо отказаться от

нормирования по КЕО на горизонтальной плоскости и перейти к пространственным характеристикам светового поля.

Световое поле исследуется уже давно. Основоположником является А.А. Гершун. До него к этой идее приходили В. Арндт, Л. Вебер и др. Однако в области естественного освещения применение теории светового поля начали разрабатывать с 70-х годов XX в. проф. Х.Н. Нуретдинов в Ташкенте и проф. А.К. Соловьёв в Москве в МИСИ – НИУ МГСУ. Но только в МГСУ образовалась научная школа, где по этой тематике было защищено 6 кандидатских диссертаций. По смежным тематикам в области естественного освещения в МГСУ были защищены ещё 8 кандидатских диссертаций.

В результате проведённых исследований были получены требуемые значения пространственных характеристик светового поля для таких производств, как приборостроение, метизная промышленность, текстильная промышленность, электроламповое производство и др. Исследовались и предлагались инженерные методы расчёта пространственных характеристик светового поля. Однако в этой области ещё предстоит много сделать. Также ещё предстоит много сделать в области разработки методики проектирования естественного освещения в зданиях с помощью пространственных характеристик светового поля. Хотя были предложены такие относительные характеристики, как коэффициенты естественной цилиндрической (КЕЦО), сферической (КЕСО) и полусферической (КЕПО) освещённости и отношения пространственных характеристик светового поля к одновременной горизонтальной наружной освещённости, что позволяет использовать данные СНиПа по строи-

тельной климатологии. Также была в первом приближении предложена методика проектирования естественного освещения [9], но стройная и простая методика проектирования ещё не разработана.

Система проектирования естественного освещения по критерию насыщенности естественным светом помещения разрабатывается в МГСУ аспиранткой Н.А. Муравьёвой [10]. Это необходимо для вестибюлей, выставочных залов, жилых и административных помещений, учебных аудиторий. Для торговых помещений такие исследования проводятся в Магнитогорском государственном техническом университете (С.И. Чикота и А.С. Оншина). Для каждого из видов помещений такие исследования должны проводиться отдельно.

В скульптурных и картинных галереях пространственные характеристики светового поля должны обеспечивать правильное моделирование скульптурных объектов посредством правильного сочетания сферической освещённости и светового вектора. Это хорошо можно видеть на примере различного освещения лица человека (рис. 3). В НИУ МГСУ в лаборатории строительной физики имеются уникальные комплекты сертифицированных в ФРГ приборов, которые способны измерять среднюю сферическую, среднюю полусферическую, цилиндрическую и полуцилиндрическую освещённость (рис. 4), а также специальные штативы и фиксаторы для измерения светового вектора и углов его наклона, в том числе и в плоскости картин (рис. 5).

Отдельным направлением, основоположником которого был профессор Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета Д.В. Бахарев, является развитие теории светового поля для целей проектирования естественного освещения в помещениях. Д.В. Бахарев назвал её «Оптическая теория светового поля». Отличительной особенностью этой теории является оптическое проецирование внешней среды на внутренние поверхности помещения, на которых эти проекции выступают в качестве размытых изображений с редуцированными яркостями. В точке внутреннего пространства прямой свет из светопрёма и свет, отражённый от наружных и внутренних поверхностей, создают бесконеч-

но малое тело неравномерной яркости, которое в упрощённом виде для определённых объектов может рассматриваться для определения средней полусферической, средней цилиндрической и средней полуцилиндрической освещённости. Однако довести эту теорию до конкретного применения пока не удалось в связи со смертью автора-разработчика. В этой области перспективы научных исследований пока не ограничены.

Важно отметить, что в середине 70-х гг. прошлого века, благодаря работам проф. Ю.Б. Айзенберга и Г.Б. Бухмана было положено начало новому направлению светотехнической науки и техники — транспортированию и перераспределению в пространстве световых потоков искусственных источников света и (или) прямого солнечного излучения и рассеянного излучения небосвода с помощью полых протяжённых световодов [11]. Эта идея защищена патентами СССР и многих развитых стран мира (для примера, патент США № 3.902.056 от 26.08.1974 г.).

Авторами совместно с В.М. Пятигорским и А.А. Коробко был разработан и реализован в Швейцарии (в городах Санкт-Галлен и Ширс) проект естественного и искусственного освещения полыми световодами центральных зон многоэтажных школ, получивший золотую медаль на всемирной экологической выставке в Берне (подробнее в книге Ю.Б. Айзенберга «*Hollow Light Guides*», М: «Знак», 2009 г.).

При этом были сформулированы следующие требования к таким интегральным системам освещения:

- необходимо применять простые герметизированные гелиостаты;
- системы должны интегрировать естественный и искусственный свет;
- количество узлов, в которых осуществляется оптическое преобразование света, должно быть минимальным;
- следует исключить нагрев, вызываемый солнечным светом и электрическими лампами;
- размеры отверстий, через которые свет попадает в помещение, должны быть минимальными.

К сожалению, многие конструктивные решения с использованием полых световодов в России не были реализованы. И как обычно, такие

решения с начала XXI в. стали применяться в Америке и Западной Европе для естественного освещения помещений, в которых не требуется или невозможно устройство светопроёмов различного типа. Световоды обеспечивают динамику и спектральный состав, характерные для естественного света, минимальную связь с внешней средой в части определения времени дня и погоды и экономии затрат на электрическое освещение помещений. Метод расчёта КЕО в помещениях со световодами разработан в НИУ МГСУ [12]. Методика определения затрат энергии на освещение помещений с системами естественного света разработана в НИИСФ и модернизирована в НИУ МГСУ. Сравнение энергетической эффективности обычных систем естественного освещения, например, фонарей, и световодов показывает большую эффективность световодов, в основном, благодаря значительному сокращению теплопотерь и теплопоступлений через них из помещения или в него [13].

Самым крупным примером применения световодов в России является оснащение ими помещений таможенного терминала порта в Санкт-Петербурге [14]. В настоящее время в Ижевске построен завод по производству полых трубчатых световодов (ООО «Соларжи»), которые по качеству не уступают световодам итальянской фирмы «Соларспот» и американской фирмы «Солартьюб», присутствующим на рынке РФ. В связи с этим в городах Урала и Сибири начинается массовое внедрение световодов, чему, несомненно, будет способствовать включение положений об их применении в новую редакцию СНиП — СП по естественному и искусственному освещению, разрабатываемую совместно НИИСФ и НИУ МГСУ. Следует отметить, что ранее положения о применении световодов для естественного освещения зданий были включены в СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Применение световодов особенно эффективно в сочетании с автоматически регулируемым дополнительным искусственным освещением. Это показали расчёты затрат энергии на устройство освещения в небольших помещениях без обычных светопроёмов [10].



Рис. 4. Прибор *RadioLux 111*

Расчёты естественного освещения при применении световодов в больших многопролётных помещениях уже начинали проводиться, но не были закончены. Это является темой дальнейших исследований, особенно в сочетании с определением их энергетической эффективности при автоматическом регулировании дополнительного искусственного освещения.

Вообще, направление исследований в области автоматически регулируемого совмещённого освещения является одним из важнейших в области строительной светотехники



Рис. 5. Штатив для измерения освещённости в музее

ки, так как напрямую связано с задачей экономии энергии. Это направление начало развиваться в МИСИ – МГСУ ещё в конце 60-х годов XX в. (проф. А. Н. Кондратенков). Затем в этом направлении работали проф. А. К. Соловьёв и его аспиранты. В настоящее время, несмотря на то, что современные светодиодные системы искусственного освещения позволяют экономить энергию примерно в 6 раз по сравнению с лампами накаливания, эта тема не перестаёт быть актуальной, особенно для больших помещений. Тем более что эта тема связана с темой комфорта световой среды. При этом строители должны подсказывать разработчикам техники автоматического регулирования, какие системы являются наиболее эффективными для тех или иных помещений, где наиболее целесообразно дискретное, а где – непрерывное регулирование, где располагать фотодатчики, а главное – они должны заранее рассчитать экономический и энергетический эффект от применения таких систем в зависимости от вида, размеров и формы систем естественного освещения. Эти работы связаны с определением энергетической эффективности светопрёмов, которая может служить критерием при нормировании естественного освещения наряду с равенством количества освещения при искусственном и естественном освещении. При этом энергетический подход позволяет выбрать нормируемые значения КЕО с учётом различных подразрядов зрительных работ, что в настоящее время в нормах отсутствует.

### 3. Проектирование, ориентированное на световой климат местности

В данной статье, к сожалению, не представлены работы и направления в области строительной светотехники, которые, возможно, разрабатываются в других научных учреждениях, вузах и лабораториях России, т.к. публикации о них либо отсутствуют, либо неизвестны автору. Так, например, светотехники, защитившие кандидатские диссертации в НИИСФ, работают в Самаре и Нальчике, выпускники аспирантуры МИСИ-МГСУ работают в Монголии, Вьетнаме, Ираке, Палестине. В работах этих аспирантов, а теперь – кандидатов тех-

нических наук, отражена специфика проектирования систем естественного освещения в различных климатических районах земного шара. Климатическое и свето-климатическое проектирование является важным направлением исследований в строительной светотехнике. Районы строительства обладают массой особенностей, которые следует учитывать при проектировании систем естественного освещения. К ним относятся такие факторы, как среднестатистическое распределение яркости по небосводу, преобладающий характер облачности, альbedo подстилающей поверхности, ветровой, тепловой, влажностный и радиационный климат местности и даже психологические особенности и менталитет местных жителей. Вообще светотехническое проектирование в строительстве отличается комплексностью. В этом оно аналогично архитектурно-строительному проектированию. Вследствие этого большинство научных тем в строительной светотехнике находятся на стыке таких научных направлений, определённых Высшей аттестационной комиссией, как «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» и «Строительные конструкции, здания и сооружения». В паспортах обеих научных специальностей есть положение, касающиеся как строительства, так и светотехники. И это закономерно, так как современная наука не может не быть на стыке разных специальностей. В этой области имеется непочатое поле деятельности для молодых учёных в архитектурно-строительных вузах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кноор, М.* Visual, health and environmental benefits of windows // New eyes on existing buildings // 5<sup>th</sup> VELUX Daulight Symposium. 15–16 May 2013. The Royal Danish Academy of Fine Arts, School of Architecture, Copenhagen.
2. *Ван ден Бёльд Г.* Свет и здоровье // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 4–8.
3. *Ne'eman, E., Hopkinson, R. G.* Critical minimum acceptable window size; a study of window design and provision of a view // Lighting Research and Technology. – 1970. – No. 2. – P. 17–29.
4. *Бахарев Д. В.* Компьютерный расчёт естественного освещения / В: Справочная книга по светотехнике / Под ред.

Ю. Б. Айзенберга (60 авторов). 3-е изд., перераб. и доп. – М: Знак, 2006. – Раздел 18.12. – С. 863–872.

5. *Будак В. П., Макаров Д. Н., Смирнов П. А.* Компьютерные программы для светотехнических расчётов осветительных установок // Светотехника. – 2004 – № 6. – С. 75–79.

6. *Объедков В. А., Соловьёв А. К. и др.* Лабораторный практикум по строительной физике / М: Высшая школа, 1979.

7. *Земцов В. А., Соловьёв А. К., Шмаров И. А.* Учёт яркости небосвода .../ Светотехника. – 2016. – № 6. (в печати).

8. *Белинский В. А., Семенченко Б. А.* Радиационная модель атмосферы в ультрафиолетовой области спектра / Сб. НИИСФ. Естественное освещение и инсоляция зданий. М: Издательство литературы по строительству. 1968 г.

9. *Егорченков В. А., Соловьёв А. К.* Проектирование систем естественного освещения промышленных зданий с использованием пространственных характеристик световой среды // Промышленное строительство. – 1983. – № 7. – С. 17–19.

10. *Муравьёва Н. А., Соловьёв А. К.* Исследования характера распределения цилиндрической освещённости в помещениях с боковым естественным освещением // Светотехника. = 2015. – № 6. – С. 27–30.

11. *Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б., Коробко А. А., Пятигорский В. М.* Несколько нереализованных оптических схем и осветительных систем с полыми световодами // Светотехника. – 2016. – № 3. – С. 4–11.

12. *Соловьёв А. К.* Физика среды. М.: Изд-во АСВ, 2015.

13. *Соловьёв А. К., Туснина О. А.* Сравнительный теплотехнический расчёт систем верхнего естественного освещения (Зенитные фонари и полые трубчатые световоды) // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 2. – С. 24–35.

14. *Кузнецов А. Л., Оселедец Е. Ю., Соловьёв А. К., Столяров М. В.* Опыт применения полых трубчатых световодов для естественного освещения в России // Светотехника. – 2011. – № 6. – С. 4–11.



**Соловьёв Алексей Кириллович,**  
доктор техн. наук.  
Окончил в 1965 г.  
МИСИ им. В. В. Куйбышева. Профессор  
кафедры «Архитектура гражданских  
и промышленных  
зданий» ФГБОУ ВПО

«МГСУ». Член редколлегии журнала «Светотехника»