



Е.Н. Савкова,

к. т. н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ



О.С. Заяц,

студентка кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ



Е.И. Федорова,

студентка кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ОСНОВАННОЕ НА УПРАВЛЕНИИ ЕСТЕСТВЕННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ В ЗДАНИЯХ

Техническое нормирование и проектирование

Естественное освещение становится все более актуальной темой исследований в архитектуре и строительстве вследствие его преимуществ, связанных с психологией и физиологией человека, так как оно способно смягчать стрессы, уменьшать тревожность, повышать настроение и производительность труда, улучшая самочувствие пользователей зданий. Кроме того, учитывая требования действующих в Республике Беларусь документов в области энергосбережения, в частности [1–5], субъектам хозяйствования необходимо повышать эффективность использования топливно-энергетических ресурсов, способствуя укреплению энергетической безопасности страны. Электрическая энергия обеспечивает протекание санитарно-гигиенических процессов, в которых она используется для создания комфортных условий пользователей зданий, и расчеты энергозатрат на освещение связаны с задачей определения времени использования естественного света [6, 7]. Поэтому одним из наиболее экономичных направлений является повышение эффективности использования естественного освещения в зданиях с учетом географических, климатических и субъективных факторов. Системы управления естественным освещением часто основаны на том, что уровень внутреннего освещения

должен быть относительно постоянен, даже если условия наружного естественного освещения меняются. Таким образом, управляя комбинацией естественного и искусственного освещения в течение дня, можно обеспечить комфортную и здоровую среду для находящихся в помещении людей и максимальную экономию затрат электроэнергии.

В данной работе выполнен краткий обзор и анализ современных технологий управления естественным освещением в зданиях, позволяющих обеспечить максимальную энергоэффективность и психофизиологический комфорт находящихся в них людей.

Проблемы инсоляции зданий. Изменения строительных концепций, ориентация на создание ширококорпусных домов, увеличение плотности и этажности застройки, появление на рынке новых светопрозрачных материалов для решения задач дизайна, теплосбережения, солнцезащиты, развитие новых систем освещения, в том числе и световодных, с отражателями и переотражателями на основе принципов и методов неизображающей оптики, делает особенно актуальной проблему инсоляции зданий [8]. **Согласно санитарным правилам и**

нормам «Гигиенических требований обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки» (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.04.2008 № 79) инсоляция нормируется для весенне-осеннего периода года с учетом светоклиматических особенностей и характера застройки.

Выполнение требований норм инсоляции достигается соответствующим размещением, ориентацией и планировкой зданий. Исходя из оптимальной эффективности инсоляции, установлены расчетное время года — 22 марта и 22 сентября, а также показатель минимального времени инсоляции, который для Республики Беларусь в расчетное время года должен быть не менее:

- для помещений жилых и общественных зданий — 2,5 часа непрерывной инсоляции;
- для помещений учреждений здравоохранения, санаторно-курортных учреждений и учреждений отдыха, детских дошкольных учреждений, общеобразовательных учреждений и учреждений, обеспечивающих получение профессионально-технического образования с нормируемым периодом, — 3 часа непрерывной инсоляции;
- для территорий детских игровых площадок, спортивных площадок и зон отдыха жилых домов, групповых площадок детских дошкольных учреждений, спортивной зоны, зоны отдыха и учебно-опытной зоны общеобразовательных учреждений и учреждений, обеспечивающих получение профессионально-технического образования, — 2,5 часа непрерывной инсоляции.

Для тех же географических широт нормы Шотландии предусматривают облучение в течение одного часа в день на протяжении 10 месяцев в году, Польши, Франции, Голландии — в течение одного часа в день в течение 8 месяцев, ФРГ, Бельгии, Англии — в течение одного часа в день в течение всего года.

При выборе светопрозрачных ограждений необходимо уделять особое внимание их оптическим свойствам: прозрачности, поглощению, отражению и преломлению излучения в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах. В частности, оптическое излучение ультрафиолетового диапазона как многофункционального биологического фактора оказывает бактерицидное, эритемное, антирадитное и витальное (тонизирующее) действие. Так как основная территория Республики Беларусь располагается на 52–56-й параллелях — вблизи зоны ультрафиолетового дефицита (57,5° северной широты и севернее), следует учитывать данное

обстоятельство при оптимизации выбора светопрозрачных ограждений, обеспечивающих освещенность и одновременно солнцезащиту помещений общественных и промышленных зданий.

Применительно к окнам данные требования выглядят достаточно противоречиво, учитывая другие их «несветотехнические» функции. Поэтому для разрешения этих противоречий используют различные архитектурные приемы застройки: соответствующую ориентацию зданий, объемно-планировочные решения, средства озеленения.

Светопрозрачность стекла в зависимости от назначения составляет примерно 84–88 % (чем лучше отполировано стекло, тем больше оно пропускает света). Для заполнения световых проемов различных зданий и сооружений, для остекления переплетов и балконных дверей применяется листовое оконное стекло в соответствии с ГОСТ 111 [9]; для остекления витрин и одновременно с выполнением функции защиты от несанкционированного доступа (например, для обеспечения банковской деятельности) может использоваться высокопрочное стекло, соответствующее требованиям СТБ 51.2.06 [10]; для декоративного остекления и получения рассеянного света с частичным исключением видимости применяют стекло узорчатое, отвечающее требованиям СТБ EN 572-5 [11], ГОСТ 5533 [11]. В жилых, гражданских и других зданиях для остекления фонарей, ограждения балконов, лестниц, лифтов и других частей зданий, подвергающихся различным ударам и динамическим нагрузкам, используют стекло армированное листовое, имеющее заложенную внутрь стальную сетку, оно может быть матовым, рифленным и прозрачным — ГОСТ 7481 [13]; для заполнения световых проемов и светопропускающих ограждений (перегородок, стенок) используют блоки стеклянные пустотелые — ГОСТ 9272 [14]. Особые требования предъявляются к характеристикам стекла, применяемого для остекления отдельных помещений лечебных, детских, оздоровительных учреждений: оно должно изготавливаться из химически чистых материалов для обеспечения пропускания не менее 25 % ультрафиолетовых лучей. К сожалению, бывают ситуации, когда проникновение естественного освещения в помещения может быть затруднено по субъективным причинам: например, на фасад вывешивается рекламный щит большой площади, что негативно сказывается на психофизиологическом восприятии находящихся в здании людей.

В.В. Вороновым в работе [15] была предложена классификация интерьерных пространств по фактору восприятия, которые независимо от типа освещения (естественное, искусственное или смешанное) характеризуются разными соотношениями средней яркости трех зон поля зрения — верхней (потолка), средней (стен и оборудования) и нижней (пола) (рисунок 1).

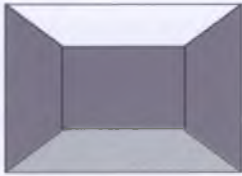
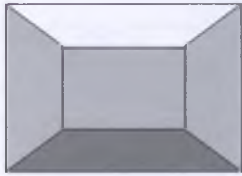
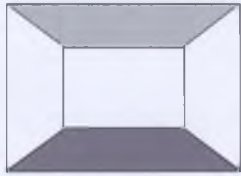

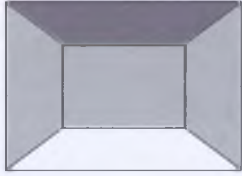
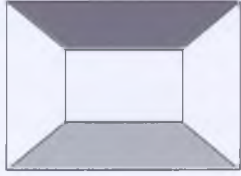
Типы пространства	Глубинное $L_{C3} < L_{B3}$ и L_{H3}	Замкнутое $L_{B3} < L_{C3}$ и L_{H3}	Сквозное $L_{C3} > L_{B3}$ и L_{H3}
Открытое $L_{B3} > L_{H3}$			
Закрытое $L_{B3} < L_{H3}$			

Рисунок 1 — Классификация интерьерных пространств по яркостной композиции и зрительной оценке

Яркости нижней зоны $L_{нз}$, средней зоны $L_{сз}$ и верхней зоны $L_{вз}$ определяются уровнем освещенности поверхностей и их отражающей способностью. Для каждого типа интерьерного пространства предлагается использовать различные виды светопропускающих средств (стекол): в интерьерах с боковым светом рекомендуется система вертикального зонирования светопроема (в верхней части — светоперераспределяющие устройства для направления светового потока солнца и неба в потолок и вглубь помещения, в средней — прозрачное стекло для связи с внешним

Количественная оценка естественного света.

При разработке оптимальных архитектурных решений важно корректно производить расчеты необходимого количества дневного света. Так как разные районы земного шара характеризуются различными условиями наружного освещения, отличающимися временем преобладания ясного неба и облачности, это ясное небо, предложенное ученым из Словакии Р. Киттлером, стандартизированное Международной комиссией по освещению (МКО), может быть использовано в расчетах яркости L естественного освещения при проектировании светопроемов, уровней ослепленности, годовых профилей естественного света или годового времени использования естественного света [16]:

$$L(\xi, \alpha) = \omega L(\xi, \alpha)_{ясн} + (1 + \omega) L(\xi, \alpha)_{пасм}, \quad (1)$$

где ξ — зенитный угол в данный момент времени;

α — азимутальный угол в данный момент времени;

$L(\xi, \alpha)_{ясн}$ — яркость ясного неба в данной точке;

$L(\xi, \alpha)_{пасм}$ — яркость пасмурного неба в данной точке;

ω — фазовая функция, соответствующая закону нормального распределения, определяемая как:

$$\omega = \frac{1 + \cos(K_0 \cdot \pi)}{2},$$

где K_0 — коэффициент облачности, изменяющийся в течение суток (значения коэффициента облачности принимаются по климатическим справочникам).

В работах [17, 18] были рассчитаны значения световой эффективности секторов небосвода с угловыми размерами по широте 15° при трех различных уровнях высоты солнца. Эти значения представляют собой суммы элементарных освещенностей участков секторов небосвода площадью ΔS ($\Delta S_n(\theta, \alpha)$:

«Транспортировка» освещения посредством световодных систем. Характерная проблема естественного освещения «традиционными» окнами — неравномерность распределения освещенности на рабочей поверхности. В городских зонах с плотной застройкой возможности естественного освещения удаленных от окон зон помещений ограничены. Это может приводить к резкому падению освещенности по мере удаления от окон, так что при ясном небе освещенность вблизи окон намного выше, чем в глубине помещений. Чрезмерная светлота приоконных зон может вызывать дискомфорт и ослеплять людей в помещениях, тогда как вдали от окон приходится пользоваться искусственным освещением. Применение горизонтальных и вертикальных световодных систем способствует повышению эффективности естественного освещения помещений и его большей равномерности благодаря тому, что они «забирают» прямой солнечный и рассеянный дневной свет с фасада зданий и доставляют его вглубь помещений путем многократных

миром).

В настоящее время проблема повышения инсоляции помещений находится в стадии развития, так как до конца не учитываются факторы изменчивости перераспределения и проникновения каждой из трех составляющих оптического излучения: инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой. Данная проблема может быть решена путем наблюдения и зонирования территории республики по каждой из составляющих, а также посредством использования технических средств, рассмотренных ниже.

$$\Delta E_n(\theta, \alpha) = Lz \cdot \beta(\theta, \alpha) \frac{\Delta S \cdot \sin \theta}{R^2}, \quad (2)$$

где Lz — яркость точки небосвода в зените;

$\beta(\theta, \alpha) = Lz(\theta, \alpha) / Lz$ — относительная яркость точек (θ, α) небосвода.

При этом важно установить, в какой момент времени и при каком положении солнца на небосводе относительно ориентации светопроема необходимо определять распределение яркости небосвода. За расчетное положение солнца обычно принимают такое, при котором для данной ориентации светопроема значение коэффициента естественного освещения (КЕО) при ясном небе минимально, а значение горизонтальной освещенности приближается к критическому.

Так, при наличии крыши большого размера (например, в здании торгового центра) КЕО внутри помещения будет равен 30 %, что может вызывать дискомфорт из-за невозможности разглядеть предметы в здании, находящиеся в специально отведенных для них нишах. Для таких помещений достаточно КЕО, равного 10 %, и тогда одновременно чувствуется присутствие дневного света и хорошо видны все предметы. Прямой свет также вызывает дискомфорт, так как создает резкие тени при зрительном восприятии окружающей обстановки.

Таким образом, количественная оценка естественного света в зданиях представляет собой сложную оптимизационную задачу, когда необходимо учитывать множество изменяющихся, возможно коррелирующих факторов, лежащих в основе выбранной математической модели. При помощи расчетов распределения яркости можно определить оптимальный размер интегрированных в крышу отверстий для обеспечения внутренних помещений здания достаточным и максимально комфортным количеством естественного освещения. Методики количественной оценки естественного освещения постоянно совершенствуются и позволяют в различных климатических зонах более точно учитывать реальные условия облачности, устанавливая момент времени, когда необходимо включать искусственное освещение либо изменять его яркостные и цветовые характеристики.

отражений в световой полости. Световодные системы также могут способствовать защите окружающей среды. Для того чтобы транспортировать естественное солнечное освещение на большие расстояния, следует при проектировании во избежание световых потерь обеспечить коэффициент отражения внутри световодов примерно равным 98 %, отношение диаметра к длине — примерно 1 : 5.

Данные технологии могут применяться в ситуациях, когда необходимо транспортировать естественный свет с верхних на нижние этажи здания на расстоянии более 5 метров, например, в подземные торговые центры. Тогда у людей нивелируется ощущение того, что они находятся под землей, и тем самым повышается качество и комфортабельность помещений. Чтобы освещать подвальное помещение совместно с искусственными источниками, достаточно обеспечить диаметр световода на потолке около 25 см. Кроме того, световодные системы на входах и выходах могут иметь зеркальные эллиптические и призматические элементы для переори-

ентации светового потока в пространстве, что создает больше ощущения присутствия солнца [19].

В работах [20, 21] описывается эксперимент по созданию моделей помещений с боковым оконным освещением в условиях ясного неба и прямого солнечного света при различных значениях высоты солнца над горизонтом и его азимута. Модельные помещения располагались в городской среде с плотной застройкой, с различным светозащитным

Комбинированное управление освещением и солнцезащитой. Исследования показывают, что при высоком уровне наружного естественного освещения предпочтителен и более высокий уровень внутреннего освещения. Кроме того, как отмечают пользователи, уровни освещения, более высокие, чем рекомендуемые (в частности, 500 лк), нормально воспринимаются людьми при отсутствии блескости и прямых солнечных лучей. Каждое отверстие, впускающее в помещение естественный свет, может представлять определенную опасность для людей, особенно когда падает большое количество прямых солнечных лучей. Свет, идущий из окна, не должен слепить людей, а в глубине помещения, напротив, не должно быть темно. Поэтому защита от солнца, то есть от тепловой нагрузки, также является очень важным критерием при проектировании.

Сокращения слепящего действия можно добиться, сделав экран из ткани и установив его на часть окна. В комбинации со специальными жалюзи появляется возможность формировать хаотично льющийся из окна свет. Такие жалюзи выполняются из алюминия, она имеет высокую светопроводимость, перенаправляя свет на потолок и вглубь помещения. С их помощью решают задачу ровного распределения светового потока и ликвидируют проблему его концентрации в одной точке.

Технологии создания оптимальной световой среды с использованием светопропускающих и светораспределяющих средств обеспечиваются внедрением научно обоснованных гигиенических рекомендаций ГОСТ ИСО 8995 [22] и основаны на том, что глаз человека чувствует себя наиболее комфортно при следующих условиях [23]:

1) в определенном диапазоне освещенностей, характерном для дневного (предпочтительно в пасмурный день) времени;

2) при определенных распределениях и соотношениях яркости в поле зрения, характерных для дневного пейзажа в бесснежный день (светлое небо, темная земля и средняя по яркости зона центрального зрения вдоль линии горизонта), что обуславливает преимущественную направленность светового потока сверху и соответствующее световое моделирование материальных форм;

3) при благоприятном распределении излучения по спектру.

Помещение с внешним окном, «грамотно» встроенным в крышу, может иметь хорошее светораспределение без каких-либо дополнительных систем. Если не увеличивать его сечение, а просто прикрепить светотражающие параболические элементы — рефлекторы, то количество дневного света под ним увеличится в 3 раза. При этом если смотреть на это отверстие под углом, дискомфортное ослепление отсутствует. Такое решение светового дизайна в аэропорте города Цюриха, Швейцария. Ламели, как правило, располагают снаружи перед окном, а внутри помещения устанавливают подвижный экран. При создании иллюминации внутреннего двора зданий авторы проекта [19] полностью покрыли фасад здания, где не было окон, алюминием, таким образом в два раза увеличив количество естественного света внутри двора. А в близлежащих офисах его количества хватало для того, чтобы соответствовать всем нормам освещенности без использования искусственного освещения. Кроме того, эту систему можно выполнить подвижной, и таким образом вниз будет попадать еще больше света. Матовая и глянцевая поверхность, например, может отражать одинаковое количество света, поэтому при осуществлении таких подходов

действием соседних зданий. Авторами было установлено, что в помещениях с боковым оконным освещением световодные системы могут давать значительный выигрыш в освещении рабочих зон, расположенных вдали от окон. Степень освещения может регулироваться выбором нужных сочетаний угла отклонения отраженного светового потока и угла наклона световодной системы при разных положениях солнца.

нужно использовать качественные материалы с высоким процентом светотражения в пределах 95–98 % и хорошей рассеивающей способностью. Тогда с их помощью можно будет направлять и перенаправлять даже рассеянный дневной свет. Современные светораспределяющие устройства нового поколения — внутренние, межстекольные или внешние, стационарные или регулируемые различной формы ламели, зеркальные, матовые, призматические, избирательно отражающие, преломляющие и поглощающие ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение фототропные стекла с полимерными пленками, голографическим напылением, изменяющими геометрию, интенсивность и спектр естественного света. Обеспечивая направленное и рассеянное отражение света, данные устройства позволяют достичь максимальной экономии и зрительного комфорта.

Пример правильного использования естественного освещения в офисе приведен на рисунке 2. Следует обратить внимание, что свет из окна не слепит, изображение на мониторе рабочего компьютера яркое, контрастное, разборчивое.

На рынке существует много стандартных систем с использованием зеркальной поверхности, благодаря которой перенаправляется световой поток. Именно с помощью зеркальной поверхности этих жалюзи, которая расположена лицевой стороной наружу и на которую попадает свет, солнечное излучение отражается и не греет помещение. А возможность визуального контакта с улицей сохраняется, если лепестки жалюзи перфорированы (рисунок 3). Благодаря таким защитным системам удается достичь коэффициента пропускания солнечной энергии приблизительно 2 %. Если же такие установки не имеют зеркальной поверхности и находятся за стеклом внутри помещения, то их коэффициент общего пропускания света существенно выше — 4–5 %. Такими системами можно легко управлять, учитывая время дня или года, за счет чего достигается большая гибкость контролирования света. Например, летом можно полностью закрыть нижнюю часть жалюзи, и это все равно даст возможность естественному освещению беспрепятственно попадать внутрь. Таким образом, можно одновременно решить три проблемы: распределение светового потока, защиту от солнца и от ослепления. Вот пример помещения, где такая солнцезащитная установка находится в изоляционном стекле. Через этот элемент потолка, который выполнен из зеркального алюминия, появляется возможность перераспределить дневной свет в глубину помещения. Одновременно можно использовать сам потолок или его часть для искусственного освещения вечером. Таким образом, только за счет использования естественного освещения удастся добиться максимального комфорта.

Управление с помощью жалюзи играет основную роль в естественном освещении. Поэтому значительная часть исследований направляется на поиск соответствующих практических и жизнеспособных решений в системах управления. Для поддержания зрительного комфорта и одновременной экономии энергии при различных условиях естественного освещения необходимы новые, более сложные алгоритмы, предполагающие использование автоматизированной системы с учетом оценок, приведенных в формулах (1) и (2), а также способы регулирования угла створок жалюзи. Авторами [24] при создании такой комбинированной системы использовалась шина стандарта DALI, обеспечивающая устранение разрыва между требуемой освещенностью в 500–600 лк и естественной освещенностью.



Рисунок 2 — Комбинированное управление естественным освещением и солнцезащитой

Пример, иллюстрирующий функционирование отдельной системы, которая вверху перенаправляет дневной свет, а внизу защищает от прямого солнечного воздействия и от ослепления, представлен на рисунке 4. Несмотря на присутствие этой установки, в помещении все равно сохраняется хорошее светораспределение. Управление системой осуществляется по многоступенчатому принципу, обеспечивающему требуемый уровень освещенности внутри помещения. На основе расчетов количественных оценок естественного света строится многопараметрическая модель, позволяющая в течение дня регулировать наклон створок жалюзи, обеспечивая значительную экономию электрической энергии.

Данная технология была разработана лабораторией известного светодизайнера Андреаса Данлена и использована при создании освещения для штаб-квартиры корпорации Genzyme в США. Это здание соответствует самым высоким стандартам экологичности и получило платиновый сертификат Green Build (всего 10 зданий в мире обладают этой наградой). Интегрировав эти жалюзи в фасад здания, разработчики смогли достичь использования минимального количества искусственного освещения. Таким образом, 90 % рабочих мест освещались естественным светом, и, сравнив этот проект с обычным зданием, подсчитали, что потребление электроэнергии здесь сократилось на 42 %. Кроме того, за счет отражения и переотражения солнечных лучей была значительно снижена тепловая нагрузка на помещение, что уменьшило затраты на электроэнергию, расходующую на кондиционирование помещений. Здание имеет 13 этажей и в его центре — огромный атриум. Целью являлось достичь большого количества дневного естественного освещения в атриуме при одновременной небольшой тепловой нагрузке. Поэтому использовали специальную технологию, заключающуюся в установке стеклянной крыши с призматическими элементами (рисунок 4). Одна сторона призматических элементов гладкая, а другая — с зубцами. Если солнечный свет под прямым углом падает на такую поверхность, он отражается. Если же он попадает на такую поверхность под косыми углами, то перенаправляется внутрь помещения. Если располагать подвижную призматическую систему (рисунок 5) по движению солнечной орбиты, то прямой солнечный свет будет всегда отражаться, а небесный будет попадать внутрь помещения. Правильно расположить



Рисунок 3 — Многоступенчатая система управления естественным освещением

передвижные призматические элементы помогают специальные приборы, которые определяют, где в данный момент находится солнце. Важным отличием этой системы от других является то, что она передвигается абсолютно бесшумно.

В некоторой степени это дает и отрицательный эффект, поскольку солнце в помещении обычно оживляет комнату, и в его отсутствии сложно достигнуть привычного психологического комфорта. Чтобы решить эту

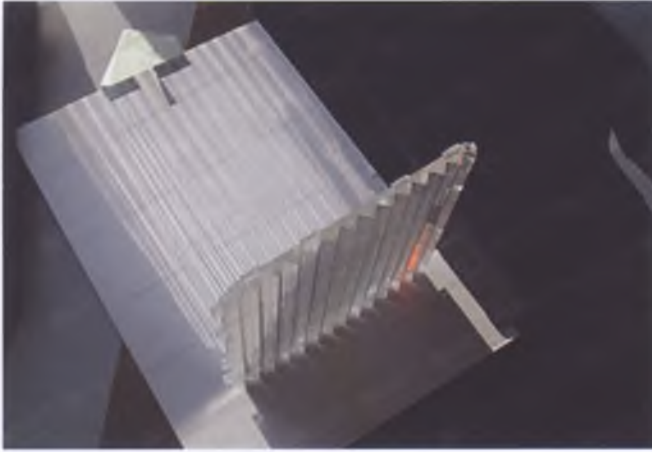


Рисунок 4 — Призменные элементы перераспределения естественного освещения

проблему, на крыше здания установили зеркальные элементы гелиостата, которые концентрируют и проецируют солнечный свет на статичное зеркало. Так отдельные лучи идут вниз, а для того чтобы и рассеянный дневной свет можно было транспортировать как можно глубже внутрь здания, использовали алюминиевую обшивку стен. Дополнительный эффект дают и архитектурные элементы с призменной структурой, выполняющие роль своеобразных люстр. Приводимые в движение легкими потоками воздуха, они дают динамичные блики (рисунок 6).



Рисунок 6 — Архитектурные элементы с призменной структурой

Для соблюдения защиты от солнца и ослепления используют также солнцезащитные решетки параболической формы, сделанные из высокоотражающих материалов и располагаемые на крыше (рисунок 7). Дневной свет в помещении распространяется на полу и на стенах, а сама установка расположена в изолированном стекле.



Рисунок 5 — Отражатели с регулируемым положением



Рисунок 7 — Солнцезащитная параболическая решетка

Решетка может включать более 1 000 одиночных элементов для крыши величиной 5 x 2,5 метра каждый. Вверху каждого элемента располагают подвижные «крылья бабочки». В зависимости от времени дня или погоды они открываются или закрываются и таким образом становится возможным контролировать тепловую нагрузку в помещениях. Так, например, когда солнце находится в зените, эти «крылья» можно закрывать, полностью препятствуя проникновению дневного света внутрь. Для того чтобы не возникла проблема полного отсутствия солнечного света, можно сделать их 10 % перфорацию «крыльев». Однако такие системы — «крылья бабочки» — могут быть использованы в странах с теплым климатом, где зимы практически не бывает. При расчетах освещения необходимо учитывать не прямые солнечные лучи, а условия облачности.

Заключение. Учитывая ужесточение требований нормативных документов к обеспечению экономии всех видов энергоресурсов в рабочих и жилых помещениях, а также требования к фотометрическим и колориметрическим характеристикам помещений в рабочих зонах персонала, принимая во внимание последние научно-технические достижения в области светотехники, информационных технологий и фотобиологии, при разработке осветительных систем необходимо решать многофакторные компромиссные задачи, связанные с обеспечением максимальной энергоэффективности и психофизиологического комфорта восприятия. Наиболее эффективный путь — управление естественным освещением во внутренней среде зданий, что достигается путем использования автоматизированных комбинированных систем, управляющих светораспределяющими и солнцезащитными устройствами. Современные высокотехнологичные материалы обеспечивают выполнение указанных критериев, основанных на корректных светотехнических расчетах.

Выполненный анализ состояния вопроса в области нормирования освещения свидетельствует, что одной из основных тенденций его развития является направленность на человеческий фактор с учетом многих субъективных и объективных аспектов, выявленных путем междисциплинарных исследований.

Библиография

1. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» (от 20 июля 2006 г. № 162-З (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., № 122, 2/1259).
2. Директива №3 «Экономия и бережливость — главные факторы экономической безопасности государства», подписанная Президентом Республики Беларусь 14 июня 2007 года.
3. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь, утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 17 сентября 2007 г. № 433.
4. Государственная комплексная программа модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования собственных топливно-энергетических ресурсов на период до 2011 года. Утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 15 ноября 2007 г. № 575.
5. Республиканская программа энергосбережения на 2006–2010 гг., утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 02.02.2006 № 137 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 26.12.2007 № 1817).
6. Сеница Л.М. Организация производства: Учеб. пособие для студентов вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Мн.: УП «ИВЦ Минфина», 2004. — 521 с.
7. Сачко Н.С. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: учебник / Н.С.Сачко. — 2-е изд., стер. — Мн.: Новое знание, 2006. — 636 с.
8. Доклад «Проблемы инсоляции зданий и световодное освещение», сделанного ведущим научным сотрудником ГП НИПТИС, кандидатом физико-математических наук А.И. Кириленко 25 марта на 2-й научно-практической конференции «Энергоэффективные системы освещения зданий». Режим доступа <http://www.nestor.minsk.by/sn/1999/15/sn91508.htm>.
9. ГОСТ 111–2001. Стекло листовое. Технические условия.
10. СТБ 51.2.06–2005. Оборудование и технические средства для обеспечения банковской деятельности. Стекло высокопрочное. Общие технические условия.
11. СТБ EN 572–6–2008. Стекло в строительстве. Основные изделия из натрий-кальций-силикатного стекла. Часть 5. Узорчатое стекло.
12. ГОСТ 5533–86. Стекло листовое узорчатое. Технические условия.
13. ГОСТ 7481–78. Стекло армированное листовое. Технические условия.
14. ГОСТ 9272–81. Блоки стеклянные пустотелые. Технические условия.
15. Воронов В.В. Метод проектирования архитектурного освещения производственного интерьера. Автореф. дисс. канд. архит. — М.: МАРХИ, 1984.
16. Дарула С., Киттлер Р. Метод расчета естественного освещения и современные тенденции оценки естественного света. Светотехника. — 2006. — № 1. — С. 28–34.
17. Соловьев А.К. Распределение яркости по небосводу и его учет при проектировании естественного освещения зданий. — Светотехника. — 2008. — № 6. — С. 18–22.
18. Tregenza P.R. Measured and Calculated frequency distributions of daylight illuminance. Lighting Research & Technology. — 1986. — Vol. 18. — № 2. — P. 71–74.
19. А. Данлер: гармония искусственного и естественного освещения. Режим доступа: <http://www.magazine-svet.ru/review/33375/>.
20. Daylight enhancement with light pipes coupled to laser-cut light-deflecting panels/ Edmonds, I.R., Moore, G.I., Smith, G.B., Swift, P.D.// Lighting Research & Technology. — 1995. Vol. 27. — № 1. — P. 27–35.
21. Квок Ч.М., Чан Ц.М. Исследования эффективности горизонтальных световодов для естественного освещения помещений с боковыми окнами. — Светотехника. — 2008. — № 5. — С. 49–54.
22. ГОСТ ИСО 8995–2002. Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений.
23. Мигалина И.В., Щепетков И.Н., Щепетков Н.И. Динамичное освещение интерьеров общественных зданий. — Светотехника. — 2008. — № 6. — С.34–42.
24. Лехтоваара Е., Паконен Ю. Комбинированное управление освещением и солнцезащитой с помощью моделирования естественного освещения офисного помещения. — Светотехника. — 2008. — № 6. — С. 13–14.

Действующие нормативные документы в области освещения представляют собой динамичную систему и регламентируют требования, предъявляемые к его показателям в жилых и рабочих помещениях, и задачи проектировщиков сводятся к выполнению данных требований наиболее экономичным путем.