

Расчётное сравнение современных систем естественного освещения в целях улучшения уровня и равномерности освещённости

П.Ф. ЁРС, Т. КАЗАНАСМАЗ¹

Измирский технический институт, Измир, Турция

Аннотация

Недостаточность естественного освещения учебных заведений может вести к проблемам со здоровьем, снижению работоспособности и избыточному потреблению электроэнергии. Суточное и годовое изменения естественного освещения представляют в этом случае большую проблему. Для её решения были разработаны современные системы естественного освещения. Улучшение естественного освещения в существующих зданиях также вызывает затруднения при проектировании освещения. Целью данного исследования было улучшение уровня и равномерности освещённости в четырёх архитектурных мастерских Измира. Были проведены измерения и моделирование естественного освещения. Для обеспечения наилучшего естественного освещения при помощи программы «Desktop Radiance» было проведено моделирование с использованием панелей с лазерной насечкой, призматических панелей и световых полок. Сделан вывод, что усилия по модернизации уже существующей системы естественного освещения будут неоправданными, если в процессе проектирования не было обеспечено удовлетворение нормативных требований.

Ключевые слова: естественное освещение, равномерность, лазерная насечка, призматический, световая полка, моделирование.

1. Введение

Студенты-архитекторы должны обучаться в условиях удовлетворительного освещения. Им нужны равномерное распределение и хорошие уровни освещённости, облегчающие работу с подробными чертежами и моделями. Так как образователь-

ные учреждения преимущественно работают днём, то улучшение их естественного освещения будет способствовать уменьшению использования искусственного и экономии электроэнергии [1]. Технический прогресс привёл к появлению усовершенствованных систем, улучшающих естественное внутреннее освещение, которые защищают от прямого солнечного света (для исключения блёскости) и (или) направляют дневной свет в части помещений, расположенные вдали от светопроёмов. К этим системам относятся световые полки, призматические панели, панели с лазерной насечкой, анидолические системы (*anidolic systems*), голографические оптические элементы, рассеивающие системы, световоды, «солнечные трубы» (*solar tubes*) и гелиостаты [2–4].

В публикации [5] было предложено использовать для перенаправления света в школе (Брисбен, Австралия) панели с лазерной насечкой только в сочетании с фиксированными экранящими устройствами. В докладе [6] отмечалось, что призматические панели эффективно изменяли распределение естественной освещённости только при соответствующем расположении оконных проёмов, а в статье [7] – что горизонтальный световод в сочетании с панелями с лазерной насечкой увеличил освещённость в обследуемом помещении. В статье [8] показано, что применение внутренних световых полок обеспечивает наивысший уровень средней освещённости в условиях чистого неба, но уменьшает равномерность освещённости в летний период и может должным образом препятствовать проникновению прямого солнечного света.

Программа «Desktop Radiance» – одно из широко применяемых средств моделирования – встроена в другие программы, такие как «AutoCAD», «Ecotect» и «DesignBuilder» [9]. Было проведено несколько исследований,

направленных на подтверждение способности программы «Desktop Radiance» обеспечивать адекватное моделирование. При этом она сравнивалась с другими программами и проверялась на разных сочетаниях материалов, современных системах естественного освещения и различных состояниях неба [10–13].

Данная работа посвящена моделированию современных систем естественного освещения для оценки уровней и равномерности освещённости в архитектурных мастерских. Цель исследования состояла в проведении анализа по улучшению естественного освещения нескольких мастерских и выборе оптимального проектного решения с использованием современных систем естественного освещения, имеющих разные размеры и изготовленных из разных материалов.

2. Объекты и климатические условия

Исследование проводилось на кафедре архитектуры Измирского технического института (38°19' с.ш., 26°37' в.д.). По климатическим условиям Измир относится к зоне влажных субтропиков. Если не считать июль и август, то наибольшая средняя дневная температура наблюдается в мае и июне [14]. Положение солнца в выбранный для этих исследований день (4 мая) было определено с помощью программы «Ecotect»: полярный угол и угол возвышения оказались равными, соответственно, 105,5° и 42,8° в 9:00; –150,2° и 64,5° в 13:00; –97,6° и 34,7° в 16:00. Создаваемая прямым солнечным светом энергетическая освещённость составляла 360–845 Вт/м².

Объект исследования состоял из четырёх архитектурных мастерских, расположенных на втором этаже трёхэтажного здания. Мастерские имели 17,65 м в длину, 11,25 м в ширину и 3,20 м в высоту и площадь пола 198,5 м². Мастерские были обозначены как S01, S02, S03 и S04 и выходили на север и восток, юг и восток, юг и запад и север и запад соответственно (рис. 1). Их этаж находился на высоте 3,20 м. Площади поверхностей одинаковых окон с двойным остеклением были равны почти 4,00 м². Отношение площади окон к площади пола (*window ratio*) со-

¹ E-mail: tugcekazanasmaz@iyte.edu.tr.

Перевод с англ. Е.И. Розовского

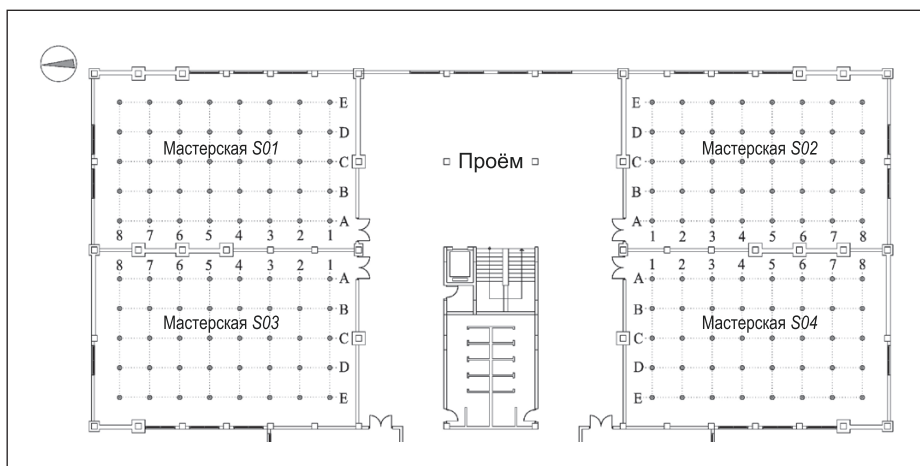


Рис. 1. Общий план мастерских и точки измерений

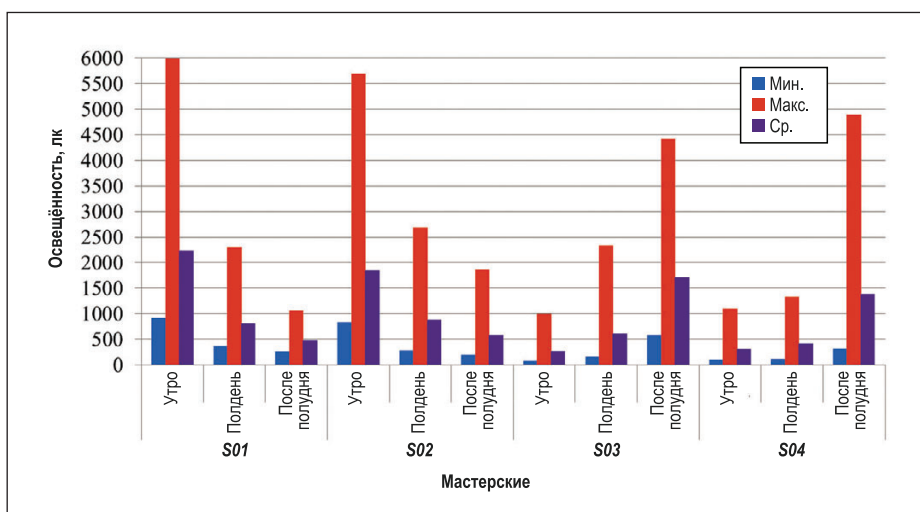


Рис. 2. Распределение естественной освещённости 4 мая

ставляло 11% в S01 и S02 и 9% в S03 и S04. Во всех мастерских две стены были наружными.

3. Методика

3.1. Эксплуатационные измерения уровней и равномерности естественной освещённости

Для оценки характеристик существующего естественного освещения мастерских было проведено измерение естественной освещённости в точках, выбранных в соответствии с нормами британского Аккредитованного института инженеров строительных служб (CIBSE) (рис. 1), после чего были рассчитаны коэффициенты равномерности освещённости [15]. Измерения производились в мае и июне 2012 г. цифровым люксметром с кремниевым фотодиодным приёмником. При этом «охва-

тывались», главным образом, условия ясного неба. Все измерения проводились на высоте 0,8 м от уровня пола. Рекомендуется, чтобы у помещений глубиной более 14 м отношение площади окна к площади наружной стены составляло 35%. А отношение площади окон к площади пола предлагается удерживать в пределах 20–40% [16]. По британским строительным нормам DD 73, оптимальная освещённость чертёжных бюро составляет 500–750 лк [16]. По стандарту DIN 5034 [17], требуемая равномерность естественной освещённости помещений определяется по формулам $D_{min}/D_{max} > 0,67$ и $D_{min}/D_{ave} > 0,5$.

3.2. Моделирование в программах «Ecotect»/«Radiance»

Мастерские моделировались в программе «Ecotect». В программу были загружены сведения о погоде и ме-

стоположении, а для определения отражательных характеристик цветных материалов использовалась шкала цветов RAL. Окна имели одинарное остекление² и белые алюминиевые рамы; чертёжные столы моделировались с помощью простых плоскостей.

4. Результаты

4.1. Эксплуатационные измерения

Все измерения проводились в четырёх архитектурных мастерских в утреннее время, в полдень и после полудня в мае и июне 2012 г. Эти два месяца были сочтены наиболее неблагоприятными, так как им соответствовало наиболее сильное за весь учебный семестр воздействие солнечного света. При этом моделирование было проведено применительно к 4 мая и 21 июня 2012 г. Здесь будет подробно описана лишь часть важных результатов, относящаяся к 4 мая, когда угол возвышения был меньше, чем 21 июня. Так что в мае световые солнечные пятна можно было наблюдать и в глубине мастерских.

В целом, распределения естественной освещённости в четырёх мастерских были чрезвычайно непостоянны как по дням, так и по часам (рис. 2 и 3). В один и тот же промежуток времени распределения освещённости в разных мастерских существенно отличались друг от друга. Утром естественное освещение выходящих на запад мастерских S03 и S04 было крайне неудовлетворительным по сравнению с требованиями, предъявляемыми к естественному освещению дизайнерских студий учебных зданий.

Например, естественная освещённость в более чем половине мастерской S03 была ниже 300 лк утром и ниже 500 лк в полдень. Только 5% площади пола этой мастерской утром, 22,5% в полдень и 82,5% после полудня освещалось достаточно для удовлетворения нормативных требований (750 лк). Средняя естественная освещённость была равна 266,68 лк в 09:45, 597,24 лк в 13:20 и 1700,52 лк в 16:45.

В выходящих на восток мастерских освещённость была более высокой, но неравномерной. В большинстве то-

² Выше говорилось о двойном остеклении. – Прим. пер.

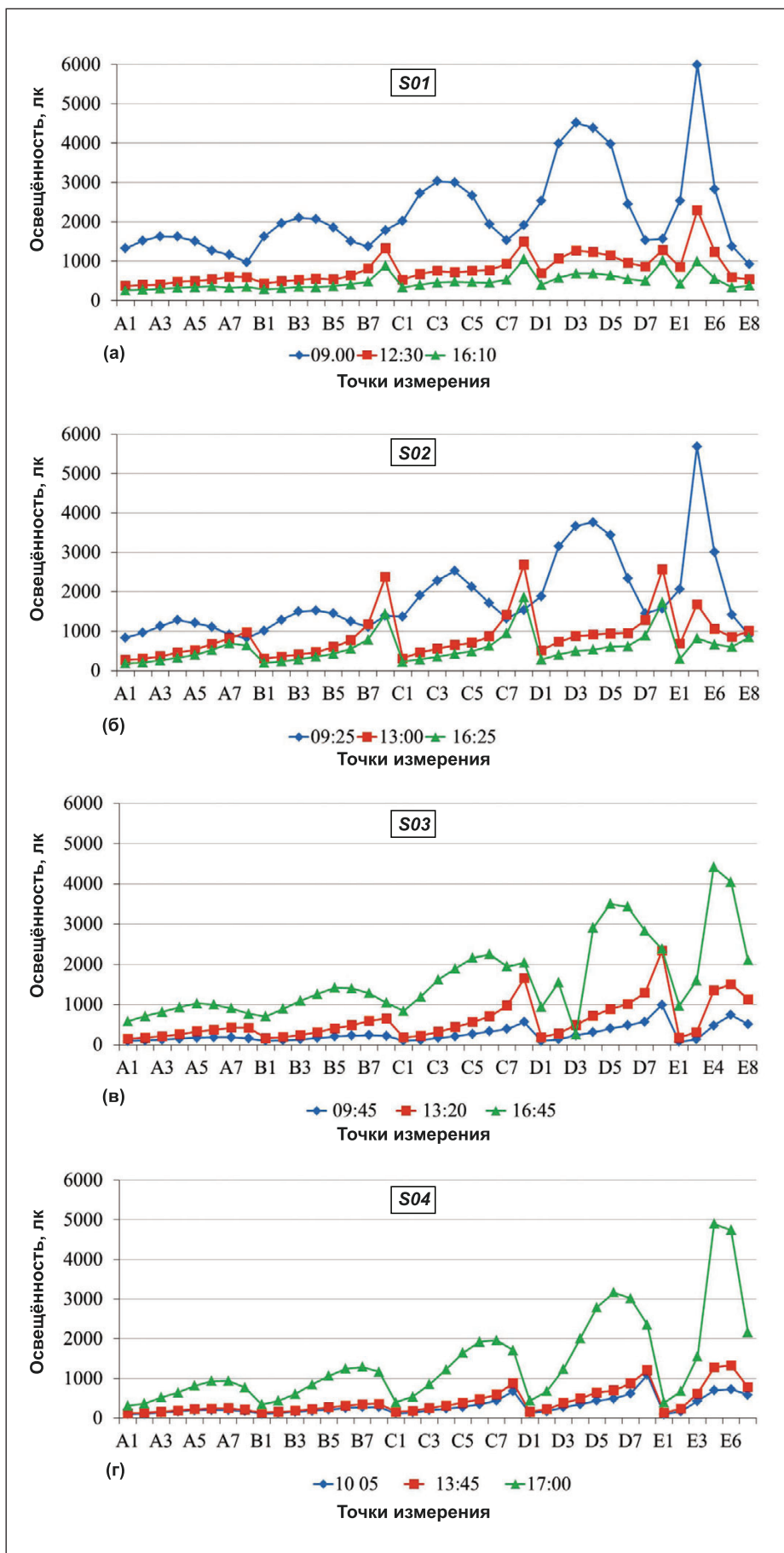


Рис. 3. Естественная освещённость в точках измерения 4 мая в мастерских S01 (а), S02 (б), S03 (e) и S04 (z)

чек измерения освещённость намного превышала требуемую. Коэффициент равномерности D_{min}/D_{max} изменялся от 15 до 24% в S01, от 9 до 15% в S02, от 6 до 8% в S03 и от 9 до 23% в S04, а коэффициент равномерности D_{min}/D_{ave} изменялся от 41 до 53% в S01, от 31 до 45% в S02, от 15 до 29% в S03 и от 23 до 31% в S04. Например, в S01 при переходе от ряда A к смотрящему на восток ряду E средняя освещённость непрерывно увеличивалась в любое время дня. Солнечные пятна наблюдались утром в трёх точках измерения, а именно, в точках E1, E2 и E5 мастерских S01 и S02. Они были очень похожи на источники блёскости, наблюдавшиеся после полудня в точках E4 и E7 мастерских S03 и S04.

В полдень распределения освещённости в мастерских имели схожие черты. В случаях S01 и S02 распределения освещённости были одинаковыми и демонстрировали после полудня более низкие и неподходящие уровни, чем в остальных мастерских. Средняя освещённость в S03 и S04 была выше, чем в S01 и S02, однако она была очень неравномерной и, по большей части, существенно превышала требуемую (рис. 2 и 3).

4.2. Моделирование в программе «Radiance»

Результаты, полученные с помощью программы «Radiance», сравнивались с результатами полевых измерений для подтверждения правильности и окончательной доводки сформированной в программе «Ecotect» модели. Что касается подтверждения правильности, то коэффициент детерминации (R^2) изменялся в пределах от 88 до 98% для всех соответствующих 4 мая моделей и от 78 до 97% для моделей, соответствующих 21 июня, что говорит о высокой точности моделирования. Это означает, что знание полученного моделированием значения освещённости в точке позволяет с вероятностью 78–98% прогнозировать измеряемое значение освещённости. В целом, результаты моделирования очень хорошо согласуются с результатами полевых измерений. А в частности, результаты моделирования превышали результаты полевых испытаний, проведённых во всех мастерских утром 4 мая. Получив подтверждение правильности моделирования, мы предложили и реализо-

вали в «Ecotect»/«Radiance» модели панелей с лазерной насечкой, призматических панелей и световых полок. На рис. 4 приведено сравнение измеренных и полученных с помощью моделирования распределений освещённости в S01 и S02 для 4 мая.

4.3. Применение предложенных систем естественного освещения

Для улучшения уровней и равномерности естественного освещения мастерских было предложено использовать панели с лазерной насечкой, призматические панели и световые полки (рис. 5), которые способны направлять/перенаправлять дневной свет на плохо освещённые участки, которые расположены вдали от окон. Если сравнивать с литературными данными, то конструкции этих систем и использованные в них материалы похожи на описанные в последнее время. Эти системы могут исключить наличествующие в настоящее время солнечные пятна и блёскость в прилегающих к окнам частях помещений [5–8]. В этом исследовании характеристики материалов (цвет, коэффициенты отражения и пропускания) и размеры предложенных систем естественного освещения тщательно выбирались на основе результатов предшествующих исследований [5–8]. На рис. 6 и 7 приведены распределения освещённости после установки этих систем. Равномерность освещённости изменялась от 0,17 до 0,55. В табл. 1–4 приведены сводки результатов и подробные оценки влияния этих систем на освещённость. Для понимания того, освещённость какой части пола соответствует или не соответствует предъявляемым требованиям в разное время дня была установлена связь между уровнем освещённости и площадью соответствующей части пола.

В случае панелей с лазерной насечкой освещённость была ниже во всех точках измерения вне зависимости от времени дня. Однако распределение освещённости не претерпело ощутимых изменений. Панели предотвратили появление солнечных пятен, которые наблюдались в выходящих на восток мастерских в утреннее время и в выходящих на запад в послеполуденное. Средняя естественная освещённость в мастерских всё

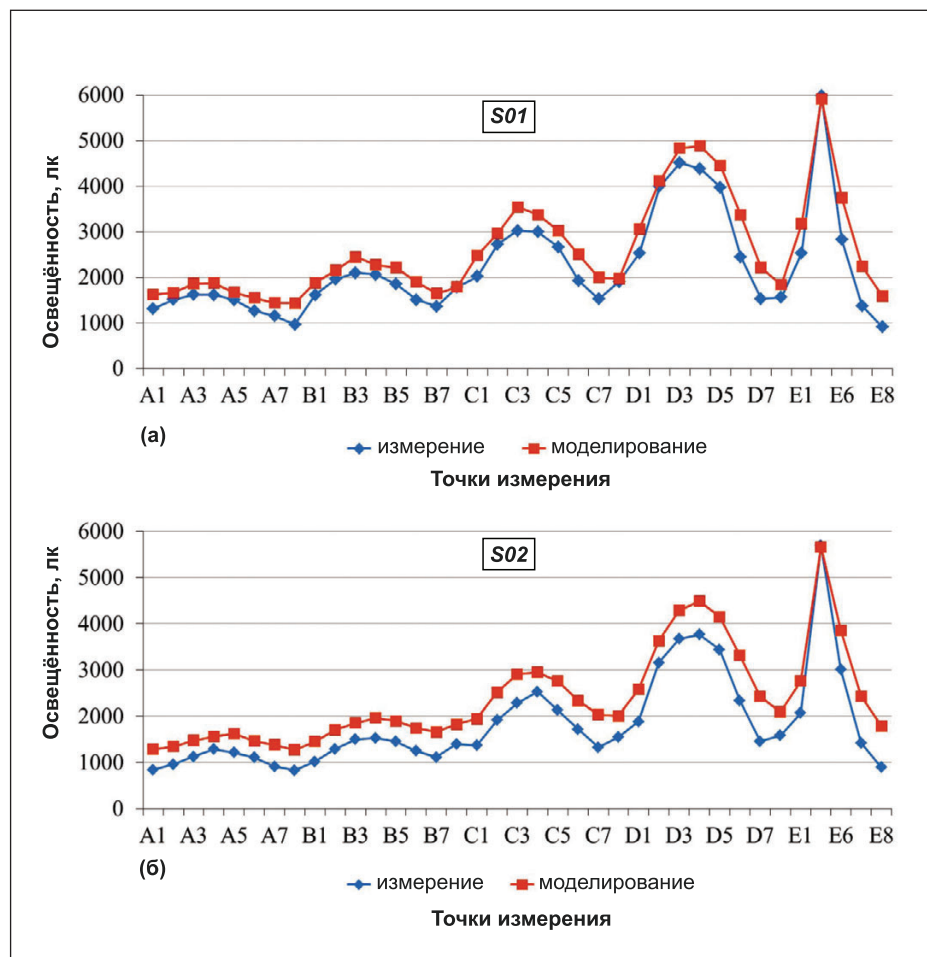


Рис. 4. Измеренные и полученные при помощи моделирования распределения освещённости в мастерских S01 ($R^2=0,96$) (а) и S02 ($R^2=0,96$) (б) для 4 мая

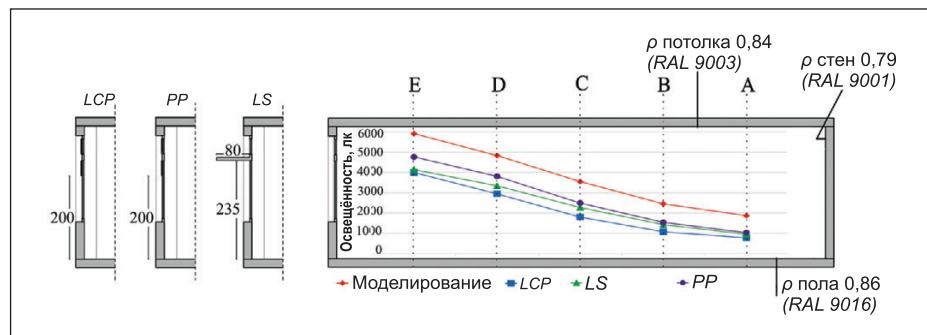


Рис. 5. Распределение освещённости в реальном случае и после установки панелей с лазерной насечкой (LCP), призматических панелей (PP) и световых полок (LS)

так же возрастала по мере перехода от ряда «А» к ряду «F» независимо от времени дня.

Призматические панели, как и панели с лазерной насечкой, располагались в модели выше уровня глаз на высоте 2 м от пола и должны были исключить возможную блёскость посредством перенаправления света, не заслоняя при этом вид из окна. Отражающие поверхности призматических панелей имели наклон в 45° . В случае модели

с призматическими панелями, освещённость была ниже, чем в текущих условиях в большинстве точек измерения. Солнечные пятна всё ещё наблюдались, но имели меньшую площадь. При моделировании естественного освещения использовались также световые полки шириной 80 см, выбранные из-за своих более широких светоотражающих поверхностей. Полученные распределения были аналогичны имевшимся в текущих условиях.

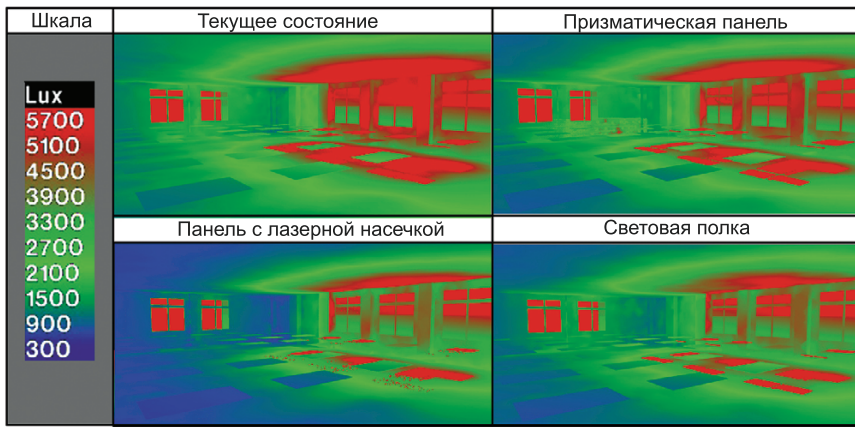


Рис. 6. Псевдоцвета, демонстрирующие распределение естественной освещённости в S01 утром 4 мая

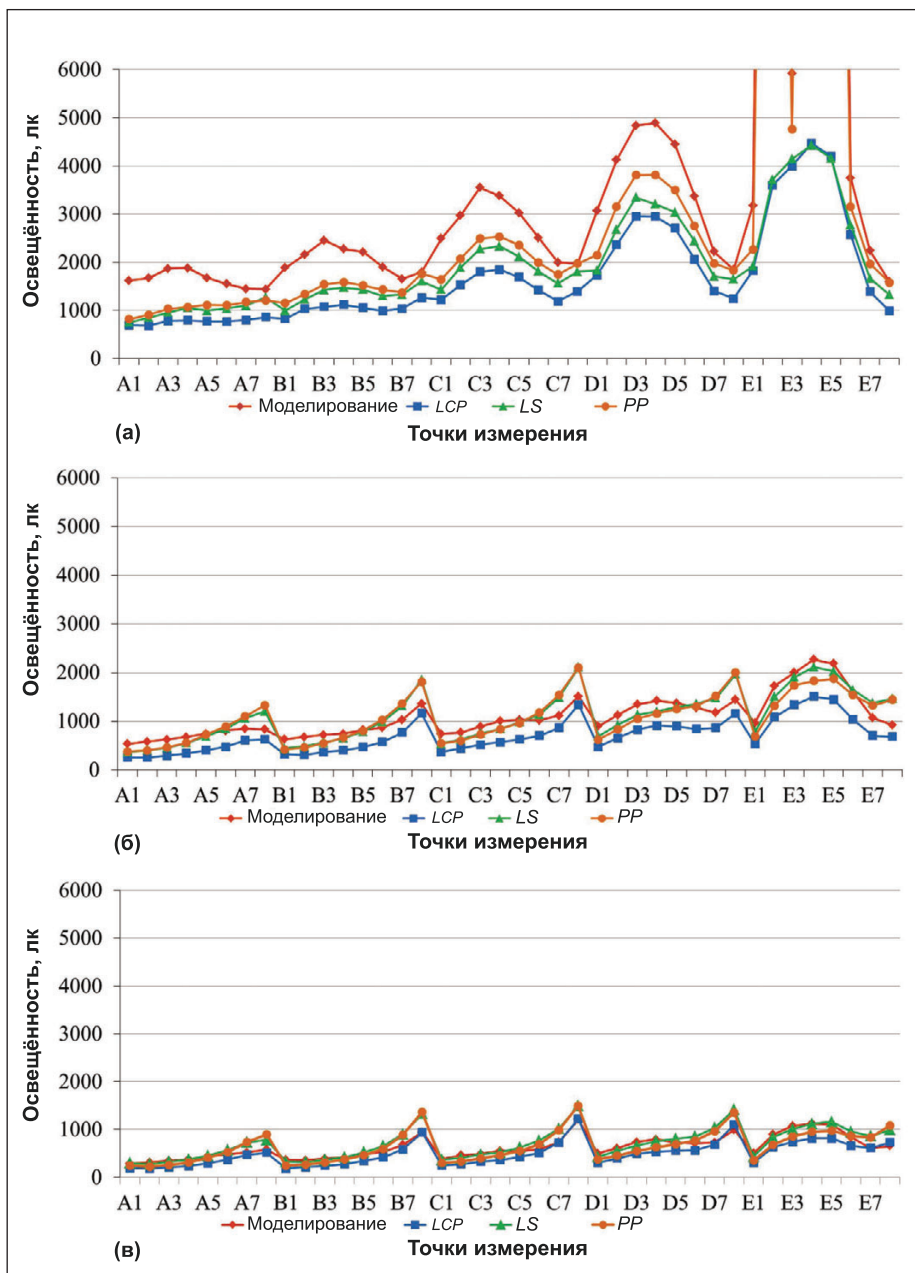


Рис. 7. Результаты моделирования установленных в S01 предложенных систем для 4 мая в: 09:00 (а), 12:30 (б) и 16:10 (в). LCP – панели с лазерной насечкой, PP – призматические панели, LS – световые полки

6. Обсуждение

Целью исследования было выявление оптимальных условий естественного освещения при помощи модели, в которой наряду с результатами полевых исследований использовались панели с лазерной насечкой, призматические панели и световые полки. Результаты моделирования показали, что ни одна из использовавшихся систем естественного освещения не привела к удовлетворительному улучшению уровней и равномерности естественной освещённости в архитектурных мастерских. Показано, что использовавшиеся системы будут освещать прилегающие к стенам участки, что обусловлено их световодными свойствами.

Однако исключившие избыточное освещение панели с лазерной насечкой привели к уменьшению горизонтальной освещённости. Например, они уменьшили горизонтальную освещённость на расположенной около окна рабочей поверхности примерно с 39 до примерно 3 клк. Они успешно исключили солнечные пятна, но не смогли увеличить коэффициент равномерности до рекомендуемого уровня. Призматические панели не обеспечили адекватную защиту от солнца избыточно освещённых участков, тогда как остальные системы, в целом, выступали скорее в роли солнечных экранов, чем – светонаправляющих элементов.

Исследования влияния панелей с лазерной насечкой и призматических панелей на естественное освещение ранее проводились, главным образом, для помещений глубиной 5–6 м [5–8]. Однако глубина исследованных в этой работе архитектурных мастерских составляла 11,5 м. К тому же, коэффициент остеклённости фасадов был недостаточным для подобных помещений, характеризующихся большой площадью пола. Указанные причины могли привести к несостоятельности этих предложенных и смоделированных систем естественного освещения. Кроме того, все рассмотренные условия – следствие не решённых на предварительных этапах проектных задач. Ещё одна причина может быть связана с углами падения солнечных лучей. Эти системы могут оказываться эффективнее в зданиях, расположенных в более высоких широтах, чем Измир.

Сводка результатов моделирования для текущих условий применительно к 4 мая

4 мая	Освещённость, лк	Доля площади пола, %			Оценки
		Моделирование			
		Утро	Полдень	После полудня	
S01	<500	0	0	40	Избыточные уровни освещённости утром. Половина поверхности пола чрезмерно освещена в полдень. Чрезвычайно нестабильное распределение освещённости после полудня.
	500–1000	0	50	50	
	>1000	100	50	10	
S02	<500	0	7,5	25	Распределение освещённости такое же, как и в случае S01. Меньшая часть площади пола соответствует желаемому уровню освещённости в полдень и после полудня.
	500–1000	0	35	35	
	>1000	100	57,5	40	
S03	<500	80	45	2,5	Утром – крайне недостаточная освещённость более чем 3/4 площади пола. В полдень чрезмерно освещены более половины точек, в которых проводились измерения. Нестабильность почасового распределения освещённости
	500–1000	17,5	30	47,5	
	>1000	2,5	25	50	
S04	<500	75	62,5	0	Очень большие почасовые изменения освещённости. Утром слабо освещено 75% площади пола, а после полудня чрезмерно освещено 85% площади пола.
	500–1000	25	25	15	
	>1000	0	12,5	85	

Таблица 2

Сводка результатов моделирования в случае панелей с лазерной насечкой применительно к 4 мая

4 мая	Освещённость, лк	Доля площади пола, %			Оценки
		Панели с лазерной насечкой			
		Утро	Полдень	После полудня	
S01	<500	0	35	55	Утром на 27,5% площади пола была обеспечена требуемая освещённость. В полдень и после полудня уменьшилась площадь чрезмерно освещённых участков пола, а освещённость слабо освещённых участков значительно возросла.
	500–1000	27,5	45	40	
	>1000	72,5	20	5	
S02	<500	0	32,5	45	Распределение опять аналогично S01. В то время как площадь чрезмерно освещённых участков пола уменьшилась, в полдень и после полудня уровни освещённости упали ниже предусмотренных нормами уровней.
	500–1000	27,5	27,5	40	
	>1000	72,5	40	15	
S03	<500	87,5	65	37,5	В то время как после применения панелей площадь чрезмерно освещённых участков пола уменьшилась, одновременно возросла площадь слабо освещённых участков, приводя к существенному ухудшению условий естественного освещения.
	500–1000	12,5	22,5	30	
	>1000	0	12,5	32,5	
S04	<500	82,5	77,5	27,5	Распределение освещённости такое же, как в случае S03. Панели работали как экраны и уменьшили освещённость во всей мастерской.
	500–1000	17,5	22,5	30	
	>1000	0	0	42,5	

По литературным данным, самый точный инструмент может выдавать недостоверные результаты при рассмотрении разнообразных реальных состояний неба и многочисленных значений коэффициентов отражения поверхностей. Несколько несбалансированных колебаний освещённости, полученных при осуществлявшемся

в данной работе моделировании, могут рассматриваться как подтверждение этого довода. Можно ожидать, что развитие техники моделирования будет непрерывно ускоряться. Однако важнейшее значение имеет то, какой инструмент наиболее точен в данный момент и от каких факторов (таких как модель неба, материалы и т.д.) зависит

его точность (или неточность). Ответы на эти вопросы позволят усовершенствовать технику моделирования.

7. Заключение

Результаты данного исследования можно просуммировать следующим образом:

Сводка результатов моделирования в случае призматических панелей применительно к 4 мая

4 мая	Освещённость, лк	Доля площади пола, %			Оценки
		Призматические панели			
		Утро	Полдень	После полудня	
S01	<500	0	12,5	42,5	Утром и после полудня призматические панели не привели к существенным изменениям распределения освещённости. В полдень панели значительно ухудшили условия естественного освещения.
	500–1000	5	35	47,5	
	>1000	95	52,5	10	
S02	<500	0	27,5	45	Утром панели обеспечили хорошее освещение 20% площади пола, тогда как в полдень и после полудня они привели к увеличению площади слабо освещённых участков пола.
	500–1000	20	32,5	37,5	
	>1000	80	40	17,5	
S03	<500	85	60	17,5	Панели привели к увеличению площади слабо освещённых участков, почти не улучшив освещение участков с высокими уровнями освещённости.
	500–1000	15	25	32,5	
	>1000	0	15	50	
S04	<500	62,5	55	7,5	Панели привели к увеличению площади участков пола, удовлетворяющих предъявляемым требованиям, на протяжении всего дня, одновременно увеличив площадь слабо освещённых участков в полдень и после полудня.
	500–1000	35	32,5	30	
	>1000	2,5	12,5	62,5	

Таблица 4

Сводка результатов моделирования в случае световых полок применительно к 4 мая

4 мая	Освещённость, лк	Доля площади пола, %			Оценки
		Световые полки			
		Утро	Полдень	После полудня	
S01	<500	0	12,5	35	Утром было обеспечено хорошее освещение 12,5% площади пола, однако панели с лазерной насечкой работали лучше. В полдень и после полудня распределение освещённости ухудшилось.
	500–1000	12,5	37,5	45	
	>1000	87,5	50	20	
S02	<500	0	17,5	37,5	Утром было обеспечено хорошее освещение 1/4 площади пола, однако панели с лазерной насечкой работали лучше. Распределение освещённости такое же, как в случае S01.
	500–1000	25	32,5	32,5	
	>1000	75	50	30	
S03	<500	77,5	55	25	Утром световые полки работали наилучшим образом. В полдень и после полудня они привели к уменьшению равномерности и уровня освещённости во всей мастерской.
	500–1000	22,5	22,5	37,5	
	>1000	0	22,5	37,5	
S04	<500	62,5	50	15	Световые полки обеспечили увеличение площади пола с хорошими уровнями освещённости на протяжении всего дня, одновременно увеличив площадь чрезмерно освещённых участков утром и в полдень и площадь слабо освещённых участков после полудня.
	500–1000	35	30	35	
	>1000	2,5	20	50	

• В выходящих на восток мастерских 20% площади пола не получало достаточного количества естественного света в утренние часы, а в полдень (днём) 60% помещения была сумрачной. Имевшиеся условия естественного освещения не удовлетворяли требованиям по равномерности освещённости.

• Моделирование с применением панелей с лазерной насечкой, призматических панелей и световых полок показало, что эти устройства не приводят к улучшению равномерности, хотя и обеспечивают резкое уменьшение освещённости около окон.

• Все три системы скорее обеспечивали экранирование солнечного

света, а не играли роль светонаправляющих элементов.

• Попытки улучшить условия естественного освещения существующих зданий путём модернизации систем естественного освещения будут, скорее всего, неэффективны и неэкономичны. Проектировщики и специалисты должны реализовывать требо-

вания к естественному освещению, по стандартам и нормам, уже на стадии проектирования.

- Моделирование с помощью программ «Ecotect»/«Radiance» является подходящим инструментом для оценки и модернизации существующего естественного освещения зданий.

- И наконец, обеспечение естественного освещения должно закладываться в проект здания на ранней стадии его проектирования, поскольку, в частности, проектные решения по коэффициенту остеклённости, количеству и расположению светопроёмов оказывают огромное влияние на естественное освещение зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Abdelatia, B., Marenne, C., Semidor, C.* Daylighting Strategy for Sustainable Schools: Case Study of Prototype Classrooms in Libya // *J. of Sustainable Development*. – 2010. – Vol. 3, No. 3. – P. 60–67.
2. *Kischkoweit-Lopin, M.* An overview of daylighting systems // *Solar Energy*. – 2002. – Vol. 73, No. 2. – P. 77–82.
3. *Hansen, G.H.* Innovative daylighting systems for deep-plan commercial buildings (Doctoral Dissertation). – Brisbane: Queensland University of Technology School of Design, 2006.
4. International Energy Agency (IEA). Daylight in Buildings, Project Summary Report. Ed. Johnsen, K., & Watkins, R. United Kingdom: AECOM, 2010.
5. *Blaney, G., Edmonds, I.* A sub tropical building façade combining light redirection, shading and ventilation / St. Paul's School, Brisbane, Australia. Retrieved February 22, 2013. URL: www.solatran.com.au/bald_hills_school.htm.
6. *Sweitzer, G.* Prismatic panel sidelighting systems: Daylighting distribution and electric lighting use patterns in perimeter office workplaces / In Proc. of 1st European Conference on Energy Efficient Lighting "Right Light Bright Light", Stockholm, Sweden, 1991.
7. *Chung, T.M., Kwok, C.M.* Computational and experimental simulation studies on the daylighting performance of a horizontal light pipe in a side-lit room // *Light & Engineering*. – 2008. – Vol. 16, No. 2. – P. 80–87.
8. *Aghemo, C., Pellegrino, A., Lo Verso, V. R. M.* The approach to daylighting by scale models and sun and sky simulators: A case study for different shading systems // *Building and Environment*. – 2008. – Vol. 43. – P. 917–927.
9. *Mistrick, R.G.* Desktop Radiance Overview // Retrieved from: <http://radsite.lbl.gov/deskrad/drad-overview.pdf>, 2000.
10. *Acosta, I., Navarro J., Sendra J. J.* Towards an analysis of daylighting simulation software // *Energies*. – 2011. – Vol. 4. – P. 1010–1024.
11. *Lim, Y., Ahmad, M.H., Ossen, D.R.* Empirical validation of daylight simulation tool with physical model measurement // *American Journal of Applied Sciences*. – 2010. – Vol. 7, No. 10. – P. 1426–1431.
12. *Thanachareonkit, A., Scartezini J.L., Robinson D.* Comparing the accuracy of daylighting physical and virtual models for complex fenestration systems / In Proc. of The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA 2006): Geneva, Switzerland, 2006.
13. *Reinhart, C.F., Andersen, M.* Development and validation of a Radiance model for a translucent panel // *Energy and Buildings*. – 2006. – Vol. 38. – P. 890–904.
14. ASHRAE Handbook-Fundamentals. – Atlanta: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: Atlanta, 2009.
15. Interior Lighting Code. – London: CIBSE, 1994.
16. *Boubekri, M.* An overview of the current state of daylight legislation // *J. of the Human – Environmental System*. – 2004. – Vol. 7, No. 2. – P. 57–63.
17. *Licht, U.B.* Lighting Design Detail Practice. – Basel: Birkhauser, 2006.



Пелын Фырат Ёрс (Pelin Fırat Örs), M.Sc.
(2013 г.). Окончила в 2009 г. Университет Докуз Эйюль, Измир, Турция. Ассистент кафедры архитектуры

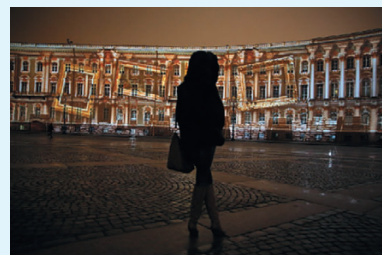
Измирского технического института. Область научных интересов: естественное освещение и компьютерное моделирование



Тууче Казанасмаз (Tuğçe Kazanasmaz), Ph.D. Доцент кафедры архитектуры Измирского технического института. Имеет

14-летний опыт преподавательской работы в области архитектурного освещения, физики зданий и энергоэффективного проектирования

Световое шоу «Эрмитаж. Бал истории»



В рамках празднования 250-летия Государственного Эрмитажа 6 декабря 2014 г. на Дворцовой площади, начиная с 19 ч, фасад здания Главного штаба превратился на один вечер в экран прекрасного фильма-спектакля, посвящённого истории музея в контексте с историей Петербурга и России. Представление повторялось шесть раз, каждый сеанс – через полчаса (с 19:00 до 22:00). Каждая из 12 мин сеанса показывала один из этапов в жизни Эрмитажа. При этом красочную видеопроекцию сопровождала музыка П.И. Чайковского, С.С. Прокофьева, М.И. Глинки, Д.Д. Шостаковича и реплики актёров. Зрители услышали отрывок письма Екатерины II Вольтеру, стихи Алексея Толстого, Александра Блока и Анны Ахматовой. На стенах Главного штаба ожили картины балов, пожара в Эрмитаже, штурма Зимнего Дворца в 1917 г. Завершилось представление под песню «Атланты» А. Городницкого, которая считается неофициальным гимном знаменитого музея.

Всего собралось в центре Петербурга около 100 тысяч горожан – вход на Дворцовую площадь был свободным.

Эпиграфом этого восхитительного светомузыкального бала вечернего представления стали слова директора Эрмитажа в 1964–1990 гг. Б.Б. Пиотровского: «Если мы не спасём красоту, то, как же она спасёт мир?».

К юбилейной дате Государственного Эрмитажа и новому 2015 г. было также усилено освещение фасадов зданий музея и Главного штаба.

Е.А. Лесман, инженер, корреспондент журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге, и Ю.М. Погодина, СПб ГУП «Ленсвет»