УДК 628.928

С.В. Стецкий, К.О. Ларионова

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ С СИСТЕМОЙ ВЕРХНЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ С УЧЕТОМ СВОТТЕХНИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ

Дана оценка новым предложениям по расчету коэффициента естественной освещенности (КЕО) помещений с системой верхнего естественного света с учетом определенного светотехнического влияния окружающей застройки. Предложения по расчету КЕО основываются на гипотезе о возможности использования некоторых положений расчета боковой естественной освещенности при расчетах верхней естественной освещенности. Это связано с необходимостью учета светотехнического влияния соседних зданий, которое должно рассматриваться в случае проведения светотехнических расчетов для подземных или заглубленных зданий. Данные теоретические предложения были подкреплены практическими результатами натурного эксперимента.

Ключевые слова: коэффициент естественной освещенности, естественное освещение, окружающая застройка, светотехнический эффект, стандартное облачное небо, ясное небо, натурный эксперимент.

В [1] авторы оценили актуальность, цели и задачи научных исследований, а также определили возможные методики работы по совершенствованию теоретического обоснования нового подхода к расчету коэффициента естественной освещенности (КЕО) в помещениях с системой верхнего естественного освещения при светотехническом влиянии окружающей застройки.

Проблема, как было определено ранее, заключается в отсутствии метода расчета КЕО в рассматриваемых случаях, так как влияние окружающей застройки, с точки зрения ее светотехнических качеств при системе верхнего естественного освещения, в действующих нормативных документах не учитывается.

Вопросы эффективности верхнего естественного освещения и роль отражающих свойств конструктивных элементов систем естественного освещения прилегающих плоскостей рассматривались в работах отечественных и зарубежных авторов [2—20].

Внимание к этому вопросу объясняется тем, что долгое время в практике строительства практически не было проектных решений, в которых такой учет был бы необходим. Система верхнего света в течение многих десятилетий ассоциировалась лишь с промышленным строительством, а именно, с фонарями верхнего естественного света на покрытиях производственных зданий. Действительно, в традиционной застройке территорий промпредприятий относительно невысокими корпусами светотехническое влияние окружающей застройки на фонари верхнего света отдельных промзданий практически отсутствует.

Нормативные формулы для расчета естественной освещенности в боковой и верхней системах естественного освещения соответственно имеют следующий вид, приемлемый для инженерных методов расчета¹:

$$e_p^b = \left(\varepsilon_6 q + \varepsilon_{зд} K_{зд} b_{\phi} \right) \frac{\tau_0 r_0}{K_{зап}}; \quad (1)$$

$$e_p^b = \left[\varepsilon_b + \varepsilon_{ср} (r_2 K_{\phi} - 1) \right] \frac{\tau_0}{K_{зап}}. \quad (2)$$

По мнению ряда источников, в формулу (2) целесообразно включать коэффициент q [21, 22], и тогда она будет иметь следующий вид:

$$e_p^b = \left[\varepsilon_b q + \varepsilon_{ср} (r_2 K_{\phi} - 1) \right] \frac{\tau_0}{K_{зап}}, \quad (3)$$

где τ_0 — общий коэффициент светопропускания; $K_{зап}$ — коэффициент запаса; ε_6 — геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет неба; q — коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба; $\varepsilon_{зд}$ — геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от фасадов противостоящих зданий; b_{ϕ} — средняя относительная яркость фасадов противостоящих зданий; $K_{зд}$ — коэффициент, учитывающий изменение внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий; r_0 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию; ε_b — геометрический КЕО в расчетной точке при верхнем освещении, учитывающий прямой свет неба; $\varepsilon_{ср}$ — средний геометрический КЕО; r_2 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения; K_{ϕ} — коэффициент, учитывающий тип фонаря.

Для учета отраженной составляющей естественной освещенности в помещениях с системой верхнего естественного света от окружающей застройки, авторами была предложена рабочая гипотеза, что в силу универсальности распределения естественного света в пространстве и его поступления в интерьеры, должна существовать определенная универсальность и в физических основах расчета КЕО.

Это позволит проследить логическую связь между методами расчета КЕО при боковой и верхней системах естественного освещения и проследить возможность переформирования расчетной формулы для определения КЕО при верхнем естественном освещении с учетом элементов формулы для расчета КЕО при боковом естественном освещении, в которой учитываются отраженные световые потоки от фасадов противостоящих зданий (формулы (1)–(3)).

Таким образом, предложенная расчетная формула для определения КЕО при системе верхнего естественного света с учетом светотехнического влияния окружающей застройки может иметь следующий вид:

¹ СНиП 23-05—95*. Естественное и искусственное освещение.

СП 23-102—2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий.

$$e_v^p = \left[\varepsilon_v q + \varepsilon_{зд} K_{зд} b_{\phi} + \varepsilon_{сп} (r_2 K_{\phi} - 1) \right] \frac{\tau_0}{K_{зап}}. \quad (4)$$

Для определения правильности вышеупомянутой гипотезы были запланированы две основные стадии научных исследований, а именно:

- 1) теоретический расчет КЕО и натурный эксперимент на реальном объекте (предварительная стадия исследований);
- 2) теоретический расчет и натурный эксперимент на серии моделей помещений (основная стадия исследований).

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с проведением предварительной (пилотной) стадии исследований.

В качестве объекта исследований было выбрано помещение лаборатории строительной физики кафедры архитектуры МГСУ (аудитория № 019 учебно-лабораторного корпуса университетского комплекса по Ярославскому шоссе, 26). Лаборатория находится в подвальном этаже корпуса и обладает двумя существенными характеристиками, необходимыми для целей данного исследования, а именно: наличием системы верхнего естественного освещения через зенитные фонари и наличием в непосредственной близости от них высокой стены университетского корпуса (рис. 1).

Рис. 1. План и разрезы исследуемого помещения

Из двух фонарей верхнего света, имеющих в рассматриваемом помещении, в расчетах рассматривается лишь один из них, так как второй находится за разделяющей помещение перегородкой и освещенность от него в основной исследуемой зоне помещения практически отсутствует. Основные светотехнические и геометрические данные по рассматриваемому помещению лаборатории приведены в табл. 1.

Табл. 1. Геометрические и светотехнические характеристики рассматриваемого помещения и элементов системы естественного освещения

Характеристики	Значения параметров
1. Габариты всего помещения лаборатории (длина, ширина, высота)	$L = 10,0$ м $B = 6,0$ м $H = 2,95$ м
2. Габариты исследуемой части лаборатории (длина, ширина, высота)	$L = 6,0$ м $B = 6,0$ м $H = 2,95$ м
3. Количество фонарей верхнего света, их тип, размеры и конструкция	Один фонарь в рассматриваемой части помещения $1,5 \times 1,5$ м в плане. Фонарь зенитный пирамидальный с двойным остеклением и металлическими переплетами
4. Отделка внутренних поверхностей помещения	Потолок — белый, стены — светлые, пол — бежевый

На основе этой таблицы определяем расчетные коэффициенты для формулы (4) по нормативным требованиям [2, 21]:

при $\rho_{\text{потолка}} = 0,7$, $\rho_{\text{стен}} = 0,6$ и $\rho_{\text{пола}} = 0,5$ средневзвешенный коэффициент отражения внутренних поверхностей помещения $\rho_0 = 0,6$;

коэффициент светопропускания фонаря $\tau_0 = \tau_1 \tau_2$ и при двойном остеклении с металлическими переплетами $\tau_0 = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64$;

коэффициент фонаря K_{ϕ} при зенитных пирамидальных фонарях равен 1,1;

коэффициент запаса $K_{\text{зап}} = 1,4$;

коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения $r_2 = 1,26$ (для всех точек).

Геометрические и светотехнические характеристики окружающей застройки приведены в табл. 2.

Табл. 2. Геометрические и светотехнические характеристики противостоящего здания

Характеристики	Значения параметров
1. Высота противостоящей стены относительно низа фонаря	$H = 16,4$ м
2. Длина стены противостоящего здания и ее положение относительно рассматриваемого помещения	$L = 43$ м, положение параллельное
3. Отделка стен противостоящего здания	$\rho_{\phi} = 0,34$ (серый офактуренный бетон)

На основе этой таблицы определяем расчетные коэффициенты для формулы (4) по данным [2, 3, 6, 9, 15, 21]:

$K_{\text{зд}0} = 1,21$ (для всех точек);

$K_{\text{зд}} = 1,0 \dots 1,12$ (для различных расчетных точек);

$K_{\text{зд}}$ определяется по формуле

$$K_{зд} = 1 + (K_{зд0} - 1) \frac{\varepsilon_{зд}}{\varepsilon_{в} + \varepsilon_{зд}}; \tag{5}$$

$b_{\phi} = 0,127$ (для всех расчетных точек).

Теоретический расчет КЕО для рассматриваемого случая проводим по формуле (4) в табличной форме на основе расчетной схемы (рис. 2, табл. 3).

Рис. 2. Расчетные схемы к определению КЕО в рассматриваемом помещении при системе верхнего естественного света с учетом светотехнических свойств окружающей застройки: n_1, n_2, n'_1, n'_2 — количество лучей, проходящих к расчетным точкам по графикам А.М. Данилюка № 1 и 2 от диффузного неба противостоящей застройки соответственно

Табл. 3. Теоретические расчеты КЕО в исследуемом помещении с учетом светотехнического влияния противостоящей застройки в соответствии с предлагаемой формулой

Параметры расчета	Значения параметров				
θ^0	83	86	67	50	39
q	1,28	1,28	1,22	1,09	0,97
n_1	8,75	21,00	14,00	7,00	2,00
n_2	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
$\varepsilon_{в}$	23,6	5,7	3,8	1,9	0,55
$\varepsilon_{ср}$	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
θ'	70	80	—	—	—
n'_1	10,75	0,5	0	0	0
n'_2	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
$\varepsilon_{зд}$	2,9	0,135	0	0	0

Окончание табл. 3

Параметры расчета	Значения параметров				
$K_{зд}$	1,12	1,005	1,00	1,00	1,00
$K_{зд0}$	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
b_{ϕ}	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
r_2	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
K_{ϕ}	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
τ_0	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
$K_{зап}$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
$e_{в}^p, \%$	1,93	3,54	2,43	1,37	0,73

Теоретические расчеты были проверены в ходе практической стадии исследований, при которых определялись значения КЕО, применительно к рассматриваемому помещению лаборатории, при натурных замерах уровней естественной освещенности. Для получения более достоверных результатов, натурный эксперимент проводился в три этапа в период с 4 по 6 марта 2014 г., при пасмурном небосводе с облачностью от 8 до 10 баллов. Замеры как внутренней, так и наружной освещенности осуществлялись с использованием люксметра-яркомера-пульсметра «Эколайт-01», протарированного в 2012 г.

Результаты натурной стадии исследований представлены в табл. 4.

Табл. 4. Расчет КЕО в исследуемом помещении с учетом светотехнического влияния противостоящей застройки на основе практической стадии эксперимента (натурных замеров на объекте)

Серия замеров	Номер расчетных точек	Время проведения эксперимента	Состояние небосвода	Внутренняя освещенность, лк	Наружная освещенность, лк	$e_{в}^{\text{нат}}, \%$	Среднее значение по точкам
Стадия № 1	1	13:41	Облачность 8 баллов	460	24200	1,94	В точке № 1 $e_{в1}^{\text{нат}} = 1,9 \%$
	2	13:42		808	22760	3,55	
	3	13:43		690	24650	2,8	
	4	13:44		295	25650	1,15	В точке № 2 $e_{в2}^{\text{нат}} = 3,45 \%$
	5	13:45		116	17850	0,65	
Стадия № 2	1	13:51	Облачность 10 баллов	448	22400	2,0	В точке № 3 $e_{в3}^{\text{нат}} = 2,75 \%$
	2	13:52		803	23275	3,45	
	3	13:53		677	25100	2,7	
	4	13:54		286	22880	1,25	В точке № 4 $e_{в4}^{\text{нат}} = 1,25 \%$
	5	13:55		141	18800	0,75	
Стадия № 3	1	14:01	Облачность 9 баллов	409	22700	1,8	В точке № 5 $e_{в5}^{\text{нат}} = 0,65 \%$
	2	14:02		759	22650	3,35	
	3	14:03		622	22600	2,75	
	4	14:04		249	18440	1,35	
	5	14:05		98	19600	0,55	

Как можно видеть из приведенных табл. 3 и 4 сходимость результатов теоретических и натурных исследований приемлема с инженерной точки зрения. Максимальное расхождение в значениях КЕО для большинства расчетных точек не превышает 10 %, и оно тем меньше, чем выше уровни наружной и внутренней естественной освещенности (рис. 2 и 3).

Результаты проведенных исследований по новому методу расчета КЕО при верхнем освещении с учетом влияния окружающей застройки, позволяют авторам высказать осторожный оптимистический тезис по поводу правильности предложенной гипотезы. Рассматриваемые исследования являются предварительными (пилотными); они подтвердили возможность и целесообразность проведения авторами более масштабных исследований по изучаемой тематике на моделях помещений. Эти исследования планируется осуществлять в конце 2014 — начале 2015 гг.

Выводы. 1. В результате пилотных исследований по новому методу расчета КЕО в помещениях с верхним естественным освещением показана правильность предложенной гипотезы об учете светотехнического влияния окружающей застройки на уровни внутренней естественной освещенности на основе нормативных положений расчета КЕО при системе бокового естественного света.

2. Показана также необходимость учета в расчетах КЕО при системе верхнего естественного освещения коэффициента q , учитывающего неравномерную яркость облачного неба, что также основывается на принципах стандартного расчета уровней естественной освещенности при системе бокового освещения.

3. Используемое в исследованиях понятие «светотехническое влияние окружающей застройки» должно быть уточнено в ходе дальнейших исследований с четкой конкретизацией этого влияния либо как затеняющего, либо отражающего фактора. Это, кроме светлоты отделки фасадов противостоящих зданий, очевидно, будет зависеть и от состояния небосвода, изменяющегося от полностью облачного до ясного.

4. В качестве дополнительного, не относящегося напрямую к проведенным исследованиям, можно сделать заключение о том, что освещенность в исследуемом помещении недостаточна. По нормам [2, 3, 21] средний КЕО при верхнем естественном освещении может быть определен как

$$e_{\text{ср}}^B = \frac{1}{N-1} \left(\frac{e_1^B}{2} + e_2^B + \dots + e_{N-1}^B + \frac{e_N^B}{2} \right) \quad (6)$$

Рис. 3. Графики КЕО по результатам теоретических и натурных исследований освещенности в рассматриваемом помещении

и для теоретической стадии эксперимента он равен 2,17 %, а для натурной стадии 2,19 %, что в любом случае значительно меньше нормируемой освещенности в учебных и лабораторных помещениях, которая при системе верхнего света составляет $e_{\text{норм}}^B = 4,0$ %.

Библиографический список

1. *Стецкий С.В., Ларионова К.О.* Затеняющее влияние окружающей застройки при системе верхнего естественного освещения гражданских зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 44—47.
2. *Земцов В.А.* Вопросы проектирования и расчета естественного освещения помещений через зенитные фонари шахтного типа // Светотехника. 1990. № 10. С. 25—36.
3. *Стецкий С.В., Чэнь Гуанлун.* Создание качественной световой среды в помещениях производственных зданий для климатических условий Юго-Восточного Китая // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 16—25.
4. *Земцов В.А.* Естественное освещение помещений через зенитные фонари шахтного типа // Исследование по строительной светотехнике : сб. науч. тр. НИИСФ. М., 1981. С. 28—31.
5. *Балхеева В.А.* Методика расчета естественного освещения помещений с учетом света, отраженного от территорий // Светотехника. 1990. № 10. С. 32—35.
6. *Соловьев А.К.* Проектирование естественного освещения зданий с использованием пространственных характеристик светового поля // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 453—460.
7. *Бротаиш Л., Уилсон М.* Расчет показателей естественного освещения // Светотехника. 2008. № 3. С. 44—47.
8. *Мохельникова Й.* Естественное освещение и фонари верхнего света // Светотехника. 2008. № 3. С. 26—30.
9. *Соловьев А.К.* Распределение яркости по небосводу и его учет при проектировании естественного освещения зданий // Светотехника. 2008. № 6. С. 18—22.
10. *Бахарев Д.В., Зимнович И.А.* К теоретическому анализу эмпирической яркости фасадов // Светотехника. 2008. № 3. С. 10—17.
11. *Егорченков В.А.* Определение яркости земной поверхности при расчете естественного освещения зданий // Светотехника. 2008. № 3. С. 56—57.
12. *Слукин В.М., Симакова Е.С.* Проблемы естественного освещения помещений в уплотненной городской застройке // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 2. С. 56—60.
13. *Слукин В.М., Смирнов Л.Н.* Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной городской застройке // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. № 4. С. 75—77.
14. *Tregenza P.R.* The daylight factor and actual illuminance ratios // Lighting Research and Technology. 1980. Vol. 12. No. 2. Pp. 64—68.
15. *Tregenza P.R.* Measured and Calculated frequency distributions of daylight illuminance // Lighting Research and Technology. 1986. Vol. 18. No. 2. Pp. 71—74.
16. *Brotas L., Wilson M.* Daylight in Urban Canyons: Planning in Europe // PLEA2006 The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland, 6—8 September 2006. Proc. II. Pp. 207—212.
17. *Lynes J.A.* A sequence for daylighting design // Lighting Research and Technology. 1979. Vol. 11. No. 2. Pp. 102—106.
18. *Cuttle C.* Sumner's principle: A discussion // Lighting Research and Technology. 1991. No. 2. Pp. 99—106.
19. *Lay S.D.* Appraisal of the visual environment // L.E.D. Lighting review. 1970. Pp. 129—138.

20. Irens A.N. Light and productivity // Transactions of the illumination engineering Society. London, 1960. Vol. 25. No. 2. Pp. 53—68.

21. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии // Светотехника. 2011. № 5. С. 41—47.

22. Соловьев А.К. Учет влияния отраженного света в расчетах естественного освещения промышленных зданий с системами верхних светопроемов при неравномерном светораспределении // Сб. науч. тр. каф. архитектуры МИСИ. 1974. С. 28—31.

Поступила в редакцию в ноябре 2014 г.

Об авторах: **Стецкий Сергей Вячеславович** — кандидат технических наук, профессор кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, AGPZ@mgsu.ru;

Ларионова Кира Олеговна — старший преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, larionova_k_o@mail.ru.

Для цитирования: *Стецкий С.В., Ларионова К.О.* Расчет естественной освещенности помещений с системой верхнего естественного освещения с учетом светотехнического влияния окружающей застройки // Вестник МГСУ. 2014. № 12. С. 20—30.

S.V. Stetskiy, K.O. Larionova

NATURAL LIGHT DESIGN IN PREMISES WITH ROOF NATURAL LIGHTING SYSTEM WITH CONSIDERATION OF LIGHTING EFFECTS OF THE SURROUNDING HOUSING

The article considers the problems connected with new offers on a daylight factor design in premises with roof natural lighting system with account of lighting effect of surrounding buildings. The offers for daylight design are based on a hypothesis of possible use of some design points for side natural lighting of interiors in the design of roof natural lighting.

This is connected with a need to account for a lighting effect of neighborhood buildings.

This effect must be considered in the case of lighting design for underground or sub-around buildings. These theoretical offers were confirmed with practical experiment results.

The problem, discussed in the article has been stated and analyzed before by a number of domestic and foreign authors. These questions arose mainly because of the broad developing activity in the construction of underground and below-ground buildings and structures, mainly bound with public premises. The need of such development can be explained by the lack of vacant city areas, especially in the central parts. Moreover, the construction methods of such a development are much simpler, as compared with traditional construction technologies of above-ground objects.

As for indoor lighting conditions in the underground and below-ground buildings, the only possible way to provide sufficient lighting of interiors is an implementation of roof lighting system in the form of skylights or monitors with one-side or two-side glazing. It is obvious, however, that these roof lighting units are influenced by shadowing effect of the surrounding buildings, which can decrease the incoming light flow to the interiors. This point is the main one, which forced the authors to investigate this scientific problem.

Key words: daylight factor, natural lighting, surrounding housing, lighting effect, standard overcast sky, clear sky, practical experiment.

References

1. Stetskiy S.V., Larionova K.O. Zatenyayushchee vliyaniye okruzhayushchey zastroyki pri sisteme verkhnego estestvennogo osveshcheniya grazhdanskikh zdaniy [Shadowing Effect of Surrounding Buildings in Case of Natural Overhead Lighting Systems of Civil Buildings]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 9, pp. 44—47. (In Russian)
2. Zemtsov V.A. Voprosy proektirovaniya i rascheta estestvennogo osveshcheniya pomeshcheniy cherez zenitnye fonari shakhtnogo tipa [Issues of Design and Analysis of Natural Lighting of Premises through Shaft-type Skylights]. *Svetotekhnika* [Illumination Engineering]. Moscow, 1990, no. 10, pp. 25—36. (In Russian)
3. Stetskiy S.V., Chen Guanglong. Sozdanie kachestvennoy svetovoy sredy v pomeshcheniyakh proizvodstvennykh zdaniy dlya klimaticheskikh usloviy yugo-vostochnogo Kitaya [Development of a High-quality Illumination Environment in the Premises of Industrial Buildings in the Climatic Conditions of Southeast China]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 7, pp. 16—25. (In Russian)
4. Zemtsov V.A. Estestvennoe osveshchenie pomeshcheniy cherez zenitnye fonari shakhtnogo tipa [Natural Lighting of Premises through Roof Lights of a Vine-type]. *Issledovanie po stroitel'noy svetotekhnike : sbornik nauchnykh trudov NIISF* [Research Works on Structural Mechanics: Collection of Scientific Works of the Research Institute for Building Physics]. Moscow, 1981, pp. 28—31. (In Russian)
5. Balkheeva V.A. Metodika rascheta estestvennogo osveshcheniya pomeshcheniy s uchetom sveta, otrazhennogo ot territorii [Calculation Methods of Natural Illumination of Premises with Regard of the Light, Reflected from a Territory]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 1990, no. 10, pp. 32—35. (In Russian)
6. Solov'ev A.K. Proektirovaniye estestvennogo osveshcheniya zdaniy s ispol'zovaniem prostranstvennykh kharakteristik svetovogo polya [Design of Natural Lighting of Buildings with the Use of Spatial Characteristics of Light Field]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction]. 2009, no. 5, pp. 453—460. (In Russian)
7. Brotash L., Uilson M. Raschet pokazateley estestvennogo osveshcheniya [Calculation of Natural Lighting Factors]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2008, no. 3, pp. 44—47. (In Russian)
8. Mokhel'nikova Y. Estestvennoe osveshchenie i fonari verkhnego sveta [Natural Lighting and Roof Lights]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2008, no. 3, pp. 26—30. (In Russian)
9. Solov'ev A.K. Raspredeleniye yarkosti po nebosvodu i ego uchet pri proektirovanii estestvennogo osveshcheniya zdaniy [Sky Luminance Distribution and Account for it in the Natural Lighting Design of Buildings]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2008, no. 6, pp. 18—22. (In Russian)
10. Bakharev D.V., Zimnovich I.A. K teoreticheskomu analizu empiricheskoy yarkosti fasadov [To a Theoretical Analysis of Empirical Luminance of Facades]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2008, no. 3, pp. 10—17. (In Russian)
11. Egorchenkov V.A. Opredeleniye yarkosti zemnoy poverkhnosti pri raschete estestvennogo osveshcheniya zdaniy [Luminance of a Ground Surfaces Determination in the Calculation of Natural Lighting of Buildings]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2008, no. 3, pp. 56—57. (In Russian)
12. Slukin V.M., Simakova E.S. Problemy estestvennogo osveshcheniya pomeshcheniy v uplotnennoy gorodskoy zastroyke [Problems of Natural Illumination of Premises in Dense Development]. *Akademicheskii vestnik UralNIiproekt RAASN* [Academic Proceedings of the Ural Scientific, Research and Design Institute of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2010, no. 2, pp. 56—60. (In Russian)
13. Slukin V.M., Smirnov L.N. Obespecheniye normirovannykh usloviy estestvennogo osveshcheniya zhilykh zdaniy v uplotnennoy gorodskoy zastroyke [Ensuring the Normalized Conditions of Natural Illumination of Residential Buildings in Dense Urban Development]. *Akademicheskii vestnik UralNIiproekt RAASN* [Academic Proceedings of the Ural Scientific, Research and Design Institute of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2011, no. 4, pp. 75—77. (In Russian)

14. Tregenza P.R. The Daylight Factor and Actual Illuminance Ratios. *Lighting Research and Technology*. 1980, vol. 12, no. 2, pp. 64—68. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/096032718001200202>.

15. Tregenza P.R. Measured and Calculated Frequency Distributions of Daylight Illuminance. *Lighting Research and Technology*. 1986, vol. 18, no. 2, pp. 71—74. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/096032718601800202>.

16. Brotas L., Wilson M. Daylight in Urban Canyons: Planning in Europe. PLEA2006 The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland, 6—8 September 2006, Proc. II, pp. 207—212.

17. Lynes J.A. A Sequence for Daylighting Design. *Lighting Research and Technology*. 1979, vol. 11, no. 2, pp. 102—106. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/14771535790110020101>.

18. Cuttle C. Sumner's Principle: A Discussion. *Lighting Research and Technology*. 1991, no. 2, pp. 99—106.

19. Lay S.D. Appraisal of the Visual Environment. L.E.D. *Lighting Review*. 1970, pp. 129—138.

20. Irens A.N. Light and Productivity. *Transactions of the Illumination Engineering Society*. London, 1960, vol. 25, no. 2, pp. 53—68.

21. Solov'ev A.K. Polye trubchatye svetovody: ikh primeneniye dlya estestvennogo osveshcheniya zdaniy i ekonomiya energii [Hollow Tubular Light Conductors: Their Application for Natural Lighting of Buildings and Saving of Energy]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2011. No. 5. С. 41—47. (In Russian)

22. Solov'ev A.K. Uchet vliyaniya otrazhennogo sveta v raschetakh estestvennogo osveshcheniya promyshlennykh zdaniy s sistemami verkhnykh svetoproemov pri neravnomernom svetoraspredelenii [Account for the Influence of Reflected Light in Natural Lighting Calculation in Industrial Buildings with the System of Roof Light Openings in Case of Non-uniform Light Distribution]. *Sbornik nauchnykh trudov kafedry arkhitektury MISI* [Collection of Scientific Articles of the Department of Architecture of Moscow Instituted of Civil Engineering]. 1974, pp. 28—31. (In Russian)

About the authors: **Stetskiy Sergey Vyacheslavovich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; AGPZ@mgsu.ru;

Larionova Kira Olegovna — senior lecturer, Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; larionova_k_o@mail.ru.

For citation: Stetskiy S.V., Larionova K.O. Raschet estestvennoy osveshchennosti pomeshcheniy s sistemoy verkhnego estestvennogo osveshcheniya s uchetom svetotekhnicheskogo vliyaniya okruzhayushchey zastroyki [Natural Light Design In Premises With Roof Natural Lighting System With Consideration Of Lighting Effects Of The Surrounding Housing]. 2014, no. 12, pp. 20—30. (In Russian)