РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

КУПРИЯНОВ В.Н.¹, СПИРИДОНОВ А.В.²

¹Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

²Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы перегрева помещений за счет солнечной радиации в различных регионах страны. Проведена оценка действующих нормативных документов по проектированию солнцезащитных устройств. Показаны отсутствие в них действенных методов расчета оптимальных выносов затеняющих элементов солнцезащитных устройств. Предложены методы расчета параметров основных типов солнцезащитных устройств (СЗУ) в виде козырьков, вертикальных и горизонтальных ламелей, устанавливаемых перед светопроемами. Методы учитывают ориентацию светопроема, траекторию видимого движения солнца по небесной сфере, широту местности, энергетическую составляющую солнечной радиации. Приведены численные примеры расчета параметров солнцезащитных устройств и рекомендации по эффективному использованию солнцезащитных устройств в виде козырьков, вертикальных и горизонтальных ламелей. Проведены расчеты и анализ защитных характеристик СЗУ, что позволяет сформировать предварительные рекомендации по эффективности различных типов СЗУ. Солнцезащитные устройства в виде стационарных козырьков как сплошных, так и решетчатых будут эффективны только при высоких значениях высот стояния солнца. При средних высотах солнца, а тем более при низких высотах стационарные козырьки становятся не целесообразными из-за несоразмерно больших выносов. Более эффективными оказываются СЗУ в виде жалюзи с горизонтальным и вертикальным расположением ламелей, расположенных как перпендикулярно к поверхности стены, так и под некоторым углом к ней. В статье приведены рекомендации по эффективному использованию различных видов жалюзи в зависимости от ориентации светопроемов.

Ключевые слова: солнечная радиация, солнцезащитные устройства, козырьки, ламели, теневые узлы, светопроемы.

CALCULATION OF PARAMETERS OF SOLAR CONTROL AND SHADING DEVICES

KUPRIYANOV V.N.¹, SPIRIDONOV A.V.²

¹Kazan State University of Engineering and Architecture. Kazan, Russia

²Research Institute of Construction Physics of RAACS, Moscow, Russia

Abstract. Questions of overheating of premises at the expense of solar radiation in various regions of the country are considered. The assessment of the existing normative documents on design of solar control and shading devices is carried out. Are shown absence in them effective methods of calculation of optimum carrying out of the shading elements of solar control and shading devices. Methods of calculation of parameters of the main types of solar control and shading devices (SCSD) in the form of awnings, vertical and horizontal lamellae established before fenestration are offered. Methods consider orientation of windows, a trajectory of apparent motion of the sun on the heavenly sphere, the latitude of the area, a power component of solar radiation. Are brought numerical an example of calculation of parameters of solar control and shading devices and the recommendation about effective use of solar control and shading devices in the form of awnings, vertical and horizontal lamellae. Calculations and the analysis of protective characteristics of SCSD are carried out that allows to create preliminary recommendations about efficiency of the SCSD various types. Solar control and shading devices in the form of stationary awnings both continuous, and trellised will be effective only at high values of heights of standing of the sun. With average heights of the sun and furthermore with low heights stationary awnings be-

come not expedient because of disproportionately big carrying out. SCSD in the form of blinds with horizontal and vertical arrangement of the lamellae located are more effective as it is perpendicular to a wall surface, and under some corner to it. Recommendations about effective use of different types of blinds depending on orientation of fenestration are provided in article.

Keywords: solar radiation, sun control and shading devices, awnings, lamellae, shadow nodes, apertures.

Введение

Защита зданий от перегрева теплом солнечной радиации, поступающей в помещение через световые проемы, является обязательной для южных регионов страны. Однако в последние годы, в связи с трендом современной архитектуры здания по увеличению площади световых проемов вплоть до полностью остекленных фасадов, проблема солнцезащиты зданий становится актуальной в средних и даже северных широтах страны.

Проектирование солнцезащиты зданий регламентируется рядом нормативных документов. Это СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий». В этих документах предписаны граничные условия и рекомендации по проектированию солнцезащиты, которые сводятся к соответствующей ориентации светопроемов, использованию солнцезащитных и теплопоглощающих стекол, устройству солнцезащитных устройств (СЗУ) и кондиционированию помещений.

Требования к солнцезащитным стеклам сформулированы в ГОСТ 33017-2014 «Стекло с солнцезащитным или декоративным твердым покрытием» и в ГОСТ 33086-2014 «Стекло с солнцезащитным или декоративным мягким покрытием». В ГОСТ EN 410-2014 представлены методы определения световых и солнцезащитных характеристик. Эти документы являются основой при исследовании солнцезащитных свойств остеклений [1-6].

Конструктивные решения СЗУ их номенклатура и классификация представлены в ГОСТ 33125-2014 «Устройства солнцезащитные. Технические условия». Правила проектирования солнцезащитных устройств и расчеты инсоляции помещений широко представлены в работах НИИСФ [7-9]. Однако, методы расчета параметров СЗУ особенно наиболее распространенных типов, таких как козырьки, жалюзи с вертикальными и горизонтальными ламелями изучены недостаточно. Решению этой задачи и посвящена настоящая статья.

Методология расчета параметров СЗУ

Солнцезащитные устройства (СЗУ) выполняют роль экрана для прямых солнечных лучей перед светопроемом. В зависимости от ориентации светопроема и времени суток изменяется угол падения солнечного луча на плоскость остекления, что требует учета при выборе типа СЗУ и направления затеняющих элементов. Кроме того, следует учитывать продолжительность периода облучения и энергию солнечной радиации за каждый час облучения, поскольку в разные часы суток интенсивность солнечной радиации различная. Так, в условиях Казани (56°с.ш.) за двухчасовой интервал с 6 до 8 часов привносится к остеклению 4,8 МДж/м², а за двухчасовой интервал 10-12 часов – 6,15 МДж/м².

При проектировании СЗУ следует учитывать энергетическую составляющую солнечного облучения и обеспечивать полное экранирование светопроема именно в те часы суток, в которые солнечная энергия достигает максимальных значений. При этом, в целях сохранения нормативного уровня естественного освещения, рекомендуется регулируемый способ управления СЗУ.

Координаты солнца в каждый час облучения светопроема определяются высотой его стояния h_0 и азимутом A_0 . Однако при проектировании СЗУ удобнее использовать не координаты солнца в каждый час облучения, а углы положения солнца, измеренные от нормали к поверхности остекления (A_n) в горизонтальной и вертикальной плоскости [10]. Такие углы получили название **горизонтальные и вертикальные теневые углы**.

Горизонтальные теневые углы определяются разностью или суммой азимутов A_o и A_n . Если азимуты A_o и A_n находятся в восточной или западной зоне круга горизонта, то горизонтальный теневой угол определяется разностью $(A_o - A_n)$. Отрицательная разность $(A_o - A_n)$, когда $A_n > A_o$, указывает на изменение направления тени на противоположность. Если указанные азимуты находятся в разных зонах круга горизонта (восточном и западном), то горизонтальный теневой угол определяется их сложением.

Вертикальные теневые углы определяются между размерами затеняющих элементов и проекциями их тени в вертикальной плоскости.

Формирование теневых углов рассмотрим на примере (рис.1). На этом рисунке представлена схема образования тени на вертикальной стене от стержня длиной OP , установленного перпендикулярно к этой стене. На рис.2 в горизонтальной плоскости на круге горизонта показана та же стена и тот же стержень OP , расположенный по направлению нормали к стене. На этом рисунке показаны также, азимуты солнца A_o и нормали к поверхности стены A_n .

Рисунок 1 - Тень от горизонтального стержня на вертикальной стене.

OP – длина стержня, установленного перпендикулярно стене, OA – тень от стержня на стене, OPB – вертикальный теневой угол (угол между стержнем OP и проекцией его тени в вертикальной плоскости в которой находится стержень)

Рисунок 2 - Соотношение на плане между азимутом нормали к поверхности стены A_n , азимутом солнца A_o , стержнем длиной OP и горизонтальным теневым углом $(A_o - A_n)$

1 – стена, 2 – проекция солнечного луча на горизонтальную плоскость, 3 – нормаль к стене

На рис. 1 и 2 горизонтальный теневой угол $(A_o - A_n)$ определяется как угол (в плане) между азимутом солнца A_o и азимутом нормали к поверхности стены A_n . Вертикальный теневой угол (OPB) определяется углом между стержнем OP и проекцией его тени в вертикальной плоскости BP , в которой находится стержень.

Используя простые тригонометрические функции можно записать:

$$\operatorname{tg} OPB = \frac{OB}{OP} = \frac{PC}{BC} = \left(\frac{PC}{AC} \right) \cdot \left(\frac{AC}{BC} \right) = \operatorname{tg} h_o \cdot \operatorname{Sec}(A_o - A_n). \quad (1)$$

Используя эти соотношения можно определять форму, размеры и расположение теней на фасадах зданий при любых размерах затеняющих элементов СЗУ.

Пример 1. Определить протяженность и расположение тени на вертикальной стене от стержня длиной 1м, установленного перпендикулярно на этой стене. Параметры для расчета: $h_o = 32^\circ$, $A_o = 73^\circ$, $A_n = 45^\circ$, $(A_o - A_n) = 73 - 45 = 28^\circ$.

Горизонтальная составляющая тени:

$$l_r = 1 \cdot \operatorname{tg} (A_o - A_n) = 1 \cdot \operatorname{tg} 28 = 1 \cdot 0,5317 = 0,53 \text{ м.}$$

Вертикальная составляющая тени:

$$l_b = 1 \cdot \operatorname{tgh}_o \cdot \operatorname{Sec}(A_o - A_n) = 1 \cdot \operatorname{tg} 32 \cdot \left(\frac{1}{\cos 28} \right) = 1 \cdot 0,6249 \cdot \left(\frac{1}{0,8829} \right) = 0,71 \text{ м.}$$

Пример 2. Определить размер и расположение тени на вертикальной стене от горизонтально расположенного козырька шириной 1,2 м. Параметры для расчета: $h_o = 43^\circ$, $A_o = 23^\circ$ В, $A_n = 18^\circ$ З. Поскольку A_o и A_n находятся в разных зонах круга горизонта (A_o - в восточной, В; A_n - в западной, З) то горизонтальный теневой угол определяется сложением азимутов ($A_o + A_n = 23 + 18 = 41^\circ$).

Горизонтальная составляющая тени:

$$l_r = 1,2 \cdot \operatorname{tg}(A_o + A_n) = 1,2 \cdot \operatorname{tg} 41 = 1,2 \cdot 0,8693 = 1,04 \text{ м.}$$

Вертикальная составляющая тени:

$$l_b = 1,2 \cdot \operatorname{tgh}_o \cdot \operatorname{Sec}(A_o + A_n) = 1,2 \cdot \operatorname{tg} 43 \cdot \left(\frac{1}{\cos 41} \right) = 1,2 \cdot 0,9325 \cdot \left(\frac{1}{0,7547} \right) = 1,48 \text{ м.}$$

Пример 3. Определить размер и расположение тени на вертикальной стене от вертикального расположения ребра шириной 0,8 м. Параметры для расчета: $h_o = 20^\circ$, $A_o = 60^\circ$, $A_n = 15^\circ$, ($A_o - A_n = 60 - 15 = 45^\circ$).

Горизонтальная составляющая тени:

$$l_r = 0,8 \cdot \operatorname{tg}(A_o - A_n) = 0,8 \cdot \operatorname{tg} 45 = 0,8 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ м.}$$

Вертикальная составляющая тени:

$$l_b = 0,8 \cdot \operatorname{tgh}_o \cdot \operatorname{Sec}(A_o - A_n) = 0,8 \cdot \operatorname{tg} 20 \cdot \left(\frac{1}{\cos 45} \right) = 0,8 \cdot 0,3640 \cdot \left(\frac{1}{0,7071} \right) = 0,41 \text{ м.}$$

Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Описание закономерности по построению теней позволяют решать обратную задачу, то есть определять размеры и расположение затеняющих элементов СЗУ для обеспечения экранирования светопроемов от солнечной радиации.

Результаты расчета параметров СЗУ

На рис.4 представлены схемы наиболее распространенных типов СЗУ. Это козырьки сплошные и решетчатые (а), жалюзи с горизонтальными (б) и вертикальными (в) ламелями. Ламели могут располагаться перпендикулярно к плоскости фасада или под некоторым углом в зависимости от ориентации светопроема и местоположения солнца в период облучения.

Рисунок 3 - Графическое представление теней к примерам 1 (а), 2(б) и 3 (в)

Солнцезащитные козырьки.

Видоизменяя формулу (1) можно получить выражение для определения вылета солнцезащитного козырька (l_k) над светопроемом (по схеме рис.4)

$$l_k = H \cdot \operatorname{Ctgh}_o \cdot \operatorname{Cos}(A_o - A_n), \quad (2)$$

где H – расстояние от козырька до нижней грани остекления, м; h_o – высота стояния солнца, град; ($A_o - A_n$) – угол между проекцией солнечного луча на горизонтальную плоскость и азимутом нормали к поверхности стены, град.

Рисунок 4 - Типовые схемы солнцезащитных устройств.

а – козырьки сплошные и решетчатые, б – жалюзи горизонтальные стационарные и регулируемые, в – жалюзи вертикальные стационарные и регулируемые

Пример 4. Определить вынос солнцезащитного козырька над окном высотой 1,5 м, расположенного на 0,2 метра выше верхней грани окна. Расчетные параметры координат солнца приняты по таблице 1[11] для интервала облучения 8 – 9 часов: $h_o=41^\circ$, $A_o=73^\circ$. Азимут нормали к поверхности остекления принят по рисунку 3[11], $A_n=45^\circ$.

$$l_k = 170 \cdot \text{Ctg}41 \cdot \text{Cos}28 = 170 \cdot 1,1504 \cdot 0,8829 = 173 \text{ см}$$

В качестве расчетных параметров в примере 4 были выбраны координаты солнца для одного из трех часов облучения условного светопроема (интервал 8 – 9 часов по рисунку 3[11] и таблице 1[11]). В другие часы облучения h_o и A_o имеют другие значения, следовательно, вынос козырька l_k будет иметь другие значения. Так в интервале облучения 7 – 8 часов $l_k=208$ см, а в интервале 6 – 7 часов $l_k=253$ см. Эти результаты нельзя считать оптимальными. Расчетные интервалы отличаются более низкими значениями h_o , так в интервале 7 – 8 часов $h_o=32^\circ$, а в интервале 6 – 7 часов $h_o=22^\circ$, по-видимому СЗУ в виде козырьков будут эффективными только при высоких значениях h_o . При низких значениях h_o следует использовать другие типы СЗУ, например, жалюзи с горизонтальным или вертикальным расположением ламелей.

Жалюзи с горизонтальным расположением ламелей

Проектирование СЗУ по типу «жалюзи» как с горизонтальным, так и с вертикальным расположением ламелей сводится к определению ширины и расстояния между ламелями при которых обеспечивается полное экранирование солнечных лучей.

Для горизонтально расположенных ламелей расстояние между ними определяется вертикальной составляющей тени l_v (см.рис.3 б)

Пример 5. Определить расстояние между горизонтальными ламелями при заданной ширине ламелей равной 20 см. Для расчета использованы исходные данные, приведенные на рисунке 3[11]и таблице 1 [11].

В интервале облучения 6 – 7 часов: $h_0=22^\circ$, $A_0=98^\circ$, $A_n=45^\circ$, $(A_0 - A_n) = 98 - 45=53^\circ$,

$$l_b = 20 \cdot \operatorname{tg} 22 \cdot \operatorname{Sec} 53 = 20 \cdot 0,4040 \cdot \left(\frac{1}{\cos 53} \right) = 13,4 \text{ см.}$$

В интервале облучения 7 – 8 часов: $h_0=32^\circ$, $A_0=85^\circ$, $A_n=45^\circ$, $(A_0 - A_n) = 85 - 45=40^\circ$,

$$l_b = 20 \cdot \operatorname{tg} 32 \cdot \operatorname{Sec} 40 = 20 \cdot 0,6249 \cdot \left(\frac{1}{\cos 40} \right) = 16,3 \text{ см.}$$

В интервале облучения 8 – 9 часов: $h_0=41^\circ$, $A_0=73^\circ$, $A_n=45^\circ$, $(A_0 - A_n) = 73 - 45=28^\circ$,

$$l_b = 20 \cdot \operatorname{tg} 41 \cdot \operatorname{Sec} 28 = 20 \cdot 0,8693 \cdot \left(\frac{1}{\cos 28} \right) = 19,7 \text{ см.}$$

Результаты расчета показывают, что для обеспечения полного экранирования солнечной радиации расстояние между ламелями в процессе облучения должно изменяться. В стационарных устройствах этого достичь невозможно. Требуется научно обоснованный выбор одного значения l_b .

Таблица 1 - Рекомендации по эффективному использованию СЗУ в виде жалюзи

№ п/п	Расположение ламелей в СЗУ	Ориентация светопроема (азимут нормали к поверхности стены от направления на юг, A_n)
1	Горизонтальные ламели, расположенные под углом к стене (правая схема по рис.7.18, б)	ЮГ $A_n=0 \pm 15^\circ$
2	Горизонтальные ламели, расположенные перпендикулярно стене(левая схема по рис.7.18,б)	ЮГ, ЮЮВ $A_n=\pm(15^\circ \div 30^\circ)$
3	Вертикальные ламели, расположенные под углом к стене(правая схема по рис.7.18,в)	ЮВ, ЮЗ $A_n=45^\circ \pm 15^\circ$
4	Вертикальные ламели, расположенные к перпендикулярно к стене(левая схема по рис.7.18,в)	ВЗ $A_n=90^\circ \pm 15^\circ$

Исходя из целей СЗУ – снижение перегрева воздуха в помещении при его облучении солнечной радиацией, следует обеспечить полное экранирование светопроема в тот период облучения, в который интенсивность солнечной радиации имеет максимальное значение. В данном случае это период 8 – 9 часов (2,254 МДж/м², таблица 1 [11]), следовательно оптимальным расстояние между ламелями будет 19,7 см.

Жалюзи с вертикальным расположением ламелей

При вертикальном расположении ламелей, для обеспечения полного экранирования солнечной радиации, расстояние между ламелями определяется горизонтальной составляющей тени l_r (см.рис. 3 в).

Пример 6. Определить расстояние между вертикальными ламелями для полного экранирования солнечной радиации при заданной ширине ламели равной 20 см. Для расчета использованы данные, приведенные на рисунке 3 [11] и в таблице 1 [11].

В интервале облучения 6 – 7 часов: $h_0=22^\circ$, $A_n=45^\circ$, $A_0=98^\circ$, $(A_0 - A_n) = 98 - 45=53^\circ$.

$$l_r = 20 \operatorname{tg}(A_0 - A_n) = 20 \cdot \operatorname{tg} 53 = 20 \cdot 1,327 = 26,5 \text{ см.}$$

В интервале облучения 7 – 8 часов: $h_0=32^\circ$, $A_0=85^\circ$, $A_n=45^\circ$, $(A_0 - A_n) = 85 - 45=40^\circ$.

$$l_r = 20 \operatorname{tg}(A_0 - A_n) = 20 \cdot \operatorname{tg} 40 = 20 \cdot 0,8391 = 16,8 \text{ см.}$$

В интервале облучения 8 – 9 часов: $h_0=41^\circ$, $A_0=73^\circ$, $A_n=45^\circ$, $(A_0 - A_n) = 73 - 45=28^\circ$.

$$l_r = 20 \operatorname{tg}(A_0 - A_n) = 20 \cdot \operatorname{tg} 28 = 20 \cdot 0,5317 = 10,6 \text{ см.}$$

Положительный эффект может быть достигнут если вертикально расположенные ламели расположить под некоторым углом к поверхности стены, как это показано на рис.4 в (правая схема). В этом случае определяющими является размер и расстояние между ламелями, чтобы обеспечить достаточное освещение помещений, а также угол наклона ламелей к стене и их ориентация, чтобы обеспечить экранирование солнечного облучения при высокой интенсивности солнечной радиации.

Рисунок 6. Расчетная схема к определению расстояния между ламелями.

l – стена, 2 – ламели, α – угол наклона ламели к стене,
 $l_{\text{лам}}$ – ширина ламеля, A_n – азимут нормали к плоскости
 стены, A_o – азимут солнца, a и b – стороны вспомога-
 тельного прямоугольного треугольника,
 l_2 – горизонтальная составляющая тени

вания солнечной радиации в критические часы облучения. Расчетная схема приведена на рис. 6.

По вспомогательному прямоугольному треугольнику со сторонами a , b и $l_{\text{лам}}$, а также углу α между плоскостью стены и ламелем, определяются его параметры:

$$a = l_{\text{лам}} \cdot \sin \alpha,$$

$$b = l_{\text{лам}} \cdot \cos \alpha.$$

Горизонтальная составляющая тени определяется известным выражением:

$$l_{\Gamma} = a \cdot \operatorname{tg}(A_o - A_n) = l_{\text{лам}} \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(A_o - A_n).$$

Расстояние между ламелями $l_{\text{рас}}$ определяется суммой $b + l_{\Gamma}$:

$$l_{\text{рас}} = b + l_{\Gamma} = l_{\text{лам}} \cdot \cos \alpha + l_{\text{лам}} \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(A_o - A_n) = l_{\text{лам}} [\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(A_o - A_n)].$$

Пример 7. Определить расстояние между ламелями $l_{\text{рас}}$ при ширине ламелей $l_{\text{лам}}$, установленных под углом α к поверхности стены:

$$1) l_{\text{лам}} = 22 \text{ см}, \alpha = 45^\circ, A_o = 25^\circ, A_n = 45^\circ, (A_n - A_o) = 20^\circ,$$

$$l_{\text{рас}} = l_{\text{лам}} [\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(A_o - A_n)] = 20(0,7071 + 0,7071 \cdot 0,3640) = 19,1 \text{ см},$$

$$2) l_{\text{лам}} = 30 \text{ см}, \alpha = 60^\circ, A_o = 25^\circ, A_n = 53^\circ, (A_n - A_o) = 28^\circ,$$

$$l_{\text{рас}} = 30(\cos 60 + \sin 60 \cdot \operatorname{tg} 28) = 30(0,5 + 0,8660 \cdot 0,5317) = 28,8 \text{ см}.$$

Заключение и рекомендации

Приведенные расчеты и анализ защитных характеристик СЗУ позволяют сформировать предварительные рекомендации по эффективности различных типов СЗУ.

Солнцезащитные устройства в виде стационарных козырьков как сплошных, так и решетчатых будут эффективны только при высоких значениях высот стояния солнца (h_o). При средних высотах солнца, а тем более при низких высотах стационарные козырьки становятся не целесообразными из-за несоразмерно больших выносов.

Более эффективными оказываются СЗУ в виде жалюзи с горизонтальным и вертикальным расположением ламелей, расположенных как перпендикулярно к поверхности стены, так и под некоторым углом к ней. В табл. 1 приведены рекомендации по эффективному использованию различных видов жалюзи в зависимости от ориентации светопроемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коркина Е.В. Комплексное сравнение оконных блоков по светотехническим и теплотехническим параметрам // Жилищное строительство. 2015. №6. С. 60-62.
2. Гагарин В.Г., Коркина Е.В., Шмаров И.А., Пастушков П.П. Исследование влияния низкоэмиссионного покрытия стекла на спектральное пропускание света // Строительство и реконструкция. 2015. №2 (58). С. 90-95.
3. Lee E.S., DiBartolomeo D.L., Selkowitz. Daylighting control performance of a thin-film ceramic electrochromic window // Energy and Building. 2006. V.38. Pp. 30-44.
4. Miyazaki T., Akisawa A., Kashiwagi T. Energy saving of office building by the use of semi-transparent solar cell for windows // Renewable Energy. 2005. V.30. № 3. P. 281-304.
5. Земцов В.А., Гагарина Е.В. Экологические аспекты инсоляции естественного освещения жилых и общественных зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2012. № 2. С. 38-41.
6. Mazilu M., Miller A., Donchev V. Modular method for calculation of transmission and reflection in multi-layered structures // Applied Optics. 2001. № 40. P. 6670-6676.
7. Спиридонов А.В. О своде правил «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования.» // 3-й Конгресс ODF «Фасады России», М.: 13-15 сентября 2016 г. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
8. Свод Правил СП 370.1325800.2017 «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования».
9. Шмаров И.А., Земцов В.В., Козлов В.А. Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений и территорий по инсоляционным графикам // Жилищное строительство, 2018, № 6, с. 24-31.
10. Харкнес Е.Л., Мехта М.Л. Регулирование солнечной радиации зданий /пер. с англ. М.: Стройиздат, 1984. -176с.

11. Куприянов В.Н. К оценке теплового комфорта помещений облучаемых солнечной радиацией через световые проемы. Часть 1. Расчет энергии солнечной радиации, приходящей к наружной поверхности оконного блока // Вестник ПТО РААСН. ННГАСУ, 2019., Вып. 22, с.97-104.

REFERENCES

1. Korkina E.V. Kompleksnoe sravnenie okonnykh blokov po svetotekhnicheskim i teplotekhnicheskim parametrov [Comprehensive comparison of window units for lighting and heat engineering parameters]. *Zhishchnoe stroitel'stvo*. 2015. No 6. Pp. 60–62. (rus)
2. Gagarin V.G., Korkina E.V., Shmarov I.A., Pastushkov P.P. Issledovanie vliyaniya nizkoemissionnogo pokrytiya stekla na spektral'noe propuskaniye sveta [The study of the effect of low-emissivity glass coating on the spectral transmittance of light]. *Building and Reconstruction*. 2015. No. 2 (58). Pp. 90–95. (rus)
3. Lee E.S., DiBartolomeo D.L., Selkowitz. Daylighting control performance of a thin-film ceramic electrochromic window. *Energy and Building*. 2006. Vol. 38. Pp. 30–44.
4. Miyazaki T., Akisawa A., Kashiwagi T. Energy saving of office building by the use of semi-transparent solar cell for windows. *Renewable Energy*. 2005. Vol. 30. No. 3. Pp. 281–304.
5. Zemcov V.A., Gagarina E.V. Ekologicheskie aspekty insolyatsii i estestvennogo osveshcheniya zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Ecological aspects of insolation and natural lighting of residential and public buildings]. *BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki*. 2012. No. 2. Pp. 38–41. (rus)
6. Mazilu M., Miller A., Donchev V. Modular method for calculation of transmission and reflection in multilayered structures. *Applied Optics*. 2001. No. 40. Pp. 6670–6676.
7. Spiridonov A.V. O svode pravil «Ustroystva solnchezashchitnye zdaniy. Pravila proektirovaniya» [About the set of rules “Devices for sun-protection of buildings. Design rules”]. 3rd Kongress ODF «FasadyRossii», Moscow: 13–15 sentyabrya. 2016. (CD-ROM). (rus)
8. Building Code of Russia SP 370.1325800.2017 SvodPravil “Ustroystva solnchezashchitnye zdaniy. Pravila proektirovaniya”
9. Shmarov I.A., Zemcov V.V., Kozlov V.A. Obnovlennaya metodika rascheta prodolzhitel'nosti insolyatsii pomeshcheniy i territoriy po insolyatsionnym grafikam [An updated method for calculating the duration of insolation of premises and territories using insolation graphs]. *Zhishchnoe stroitel'stvo*. 2018. No. 6. Pp. 24–31. (rus)
10. Harkness E.L., Mehta M.L. Solar Radiation Control in Buildings. Moscow: Strojizdat, 1984. 176 p. (rus)
11. Kupriyanov V.N. K ocenke teplovogo komforta pomeshcheniy obluchaemykh solnechnoy radiatsiy cherez svetovye proemy. CHast' 1. Raschet energii solnechnoy radiatsii, prihodiyashchey k naruzhnoy poverhnosti okonnogo bloka [To assess the thermal comfort of the premises of irradiated solar radiation through light openings. Part 1. Calculation of the energy of solar radiation coming to the outer surface of the window unit]. *Vestnik PTO RAASN. NNGASU*. 2019. Vol. 22. Pp.97–104. (rus)

Информация об авторах:

Куприянов Валерий Николаевич.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань. Россия, докт. техн. наук, проф., профессор кафедры «Архитектура»
E-mail: kupriyan@kgasu.ru

Спирidonov Александр Владимирович

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики» (НИИСФ РААСН), Москва, Россия, канд.техн.наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории «Энергосберегающие технологии в строительстве»
E-mail: spiridonov@aprok.org

Information about authors:

Kupriyanov V. N

Kazan State University of Engineering and Architecture, Kazan, Russia, doctor in tech. sc., prof., prof. of the dep. of architecture
E-mail: kupriyan@kgasu.ru

Spiridonov A. V

Research Institute for Building Physics, Moscow, Russia, cand. in tech. sc., main researcher, leader of the laboratory ‘Energy Saving Technologies in Construction’
E-mail: spiridonov@aprok.org