

УДК 697.132.3

Е.В. КОРКИНА

**ПОЧАСОВОЙ РАСЧЕТ ПОСТУПАЮЩЕЙ ПРЯМОЙ
СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ФАСАДЫ ЗДАНИЯ**

В российских нормативных документах приведен расчет поступления прямой солнечной радиации на вертикально расположенные фасады одиночно стоящего здания. Исходными данными в справочной литературе являются значения интенсивности солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, а также коэффициенты пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную, вычисленные из экспериментальных данных за весь период облучения фасада. В настоящей работе рассмотрено сравнение расчета поступающей прямой солнечной радиации с использованием коэффициентов пересчета, полученными из экспериментальных данных и рассчитанными по часам светового дня. Показана хорошая сходимость результатов для примера при условии длительного и интенсивного облучения фасадов. Сделаны выводы о необходимости подобного сравнения для всей территории России и о возможности дальнейшей корректировки расчета теплопоступлений в здание от солнечной радиации в соответствии с российскими нормативными документами при расчете расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: солнечная радиация, прямая солнечная радиация, застройка, теплопоступления, кондиционирование воздуха.

DOI 10.32683/0536-1052-2020-734-2-103-112

Введение. Внедрение в проектную практику методик, обеспечивающих энергосбережение, является приоритетным направлением в развитии строительной отрасли [1–3]. В ряде работ представлены подходы, обеспечивающие сбережение энергии, потребляемой зданием [4]. При расчете потребления энергии зданием на отопление и вентиляцию за отопительный период учитывается поступление солнечной радиации в здание^{1, 2}.

Теоретические основы расчета для одиночно стоящего здания приведены в работах [5–7]. Расчет основан на справочных данных, полученных путем осреднения многолетних измерений прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность за сутки, и коэффициента пересчета на вертикальную поверхность, определенного путем измерений облучения фасада заданной ориентации [7]. В настоящее время имеются предпосылки для уточнения данного метода при учете влияния застройки на поступление солнечной радиации на стены зданий [8]. В работах отечественных [9] и зарубежных [10–12] авторов описаны методы учета влияния экранирующих элементов и зданий на поступление прямой солнечной радиации.

¹ СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты». М.: Минстрой России, 2017. 51 с.

² СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003. М.: Минрегион России, 2012. 100 с.

Общей особенностью указанных методов является рассмотрение затенения Солнца по часам светового дня. Расчет поступления прямой радиации по часам светового дня представляется интересным сопоставить с расчетом, основанном на экспериментальном определении коэффициентов пересчета за весь период облучения фасада [5, 7], заложенных в нормативный документ¹, что и является целью настоящей работы. Для этого предлагается несколько иной подход, в векторном изложении, к выводу известных формул расчета поступающей прямой солнечной радиации для фасадов одиночно стоящего здания.

Вывод формул расчета поступления прямой солнечной радиации на вертикальные поверхности. Прямой солнечной радиацией называется радиация, поступающая к земной поверхности непосредственно от диска Солнца и околосолнечной зоны радиусом 5 град. в виде пучка параллельных лучей [8]. На актинометрических станциях измеряют приход прямой радиации S , поступающей на перпендикулярную к солнечным лучам поверхность [8].

При рассмотрении распространения солнечного излучения на большие расстояния принято учитывать лучевую природу света, пренебрегая волновой. Поэтому можно считать, что прямое солнечное излучение распространяется в виде коллинеарных векторов (лучей).

Как известно из векторной алгебры, любой вектор можно разложить по трем направлениям, причем коэффициенты разложения зависят от углов, которые составляет вектор с координатными осями.

На вертикальную поверхность фасада направлена только одна составляющая вектора солнечного излучения, которую можно спроецировать на две плоскости – вертикальную, перпендикулярную фасаду (плоскость YZ на рис. 1), и горизонтальную (плоскость XZ на рис. 1), также перпендикулярную фасаду. При этом угол, образуемый вектором в вертикальной плоскости, определяется угловой высотой Солнца (рис. 2),

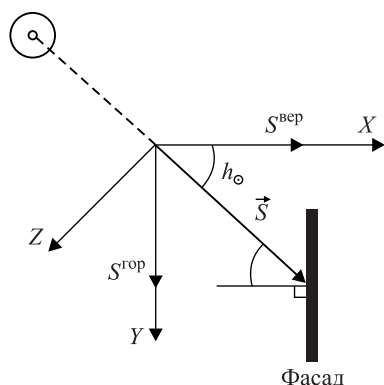


Рис. 1. Разложение вектора (луча) падающей прямой солнечной радиации по проекциям на плоскости, перпендикулярным исследуемому фасаду

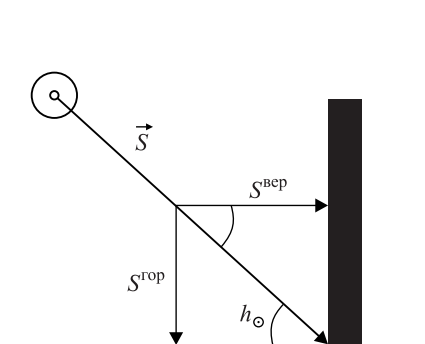


Рис. 2. Разложение вектора прямой солнечной радиации по двум направлениям (проекция на плоскость XY из рис. 1)

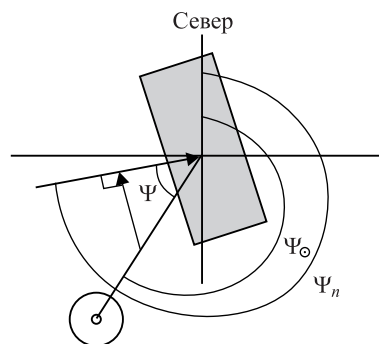


Рис. 3. Разложение вектора прямой солнечной радиации по двум направлениям (плоскость XZ из рис. 1) для юго-западного фасада

а угол, образуемый вектором в горизонтальной плоскости, – разностью азимутов Солнца и нормали к поверхности фасада (рис. 3). Тогда на вертикальную поверхность фасада поступает составляющая вектора солнечного излучения, равная (из рис. 2 и 3)

$$S^{\text{веп}} = |S| \cos(h_{\odot}) \cos(\psi_{\odot} - \psi_n) = |S| \cos(h_{\odot}) \cos\psi, \quad (1)$$

где $\psi = \psi_{\odot} - \psi_n$ – угол падения прямой солнечной радиации на фасад в горизонтальной плоскости;

ψ_{\odot} и ψ_n – азимуты Солнца и проекции нормали к наклонной поверхности на горизонтальную плоскость, отсчитываемые от плоскости меридиана. В данной работе принимается, что азимуты отсчитываются от направления на север по часовой стрелке;

h_{\odot} – угловая высота Солнца;

$|S|$ – интенсивность прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную к лучу поверхность, зарегистрированная актинометром, МДж/м².

На горизонтальную поверхность (см. рис. 2) поступает прямая радиация, равная

$$S^{\text{гор}} = |S| \cos(90 - h_{\odot}) = |S| \sin(h_{\odot}). \quad (2)$$

Угловая высота Солнца в момент наблюдения или угловое расстояние Солнца от горизонта, град., для произвольного момента времени $h_{\odot}(t_{\odot})$ вычисляется по формуле [5]

$$\sin h_{\odot}(t_{\odot}) = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\Omega(t_{\odot}), \quad (3)$$

где φ – широта места;

δ – склонение Солнца для заданного дня вычислений;

$\Omega(t_{\odot})$ – часовой угол Солнца в данный момент времени, отсчитываемый от момента истинного полдня (Ω считается положительным при отсчете в направлении часовой стрелки), зависящий от истинного солнечного времени t_{\odot} .

Азимут Солнца определяется по формуле [5]

$$\sin\psi_{\odot}(t_{\odot}) = \frac{\cos\delta \sin\Omega(t_{\odot})}{\cos h_{\odot}(t_{\odot})}. \quad (4)$$

Тогда отношение прямой радиации, поступающей на вертикальную поверхность, к прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, записывается как

$$K_{\text{ГВ}}^{\text{ч}}(t_{\odot}) = \frac{S^{\text{веп}}(t_{\odot})}{S^{\text{гор}}(t_{\odot})} = \frac{\cos\psi(t_{\odot})}{\text{tg}h_{\odot}(t_{\odot})}. \quad (5)$$

Из формул (3)–(5) следует, что коэффициент $K_{\text{ГВ}}^{\text{ч}}(t_{\odot})$ зависит от ориентации фасада и от истинного солнечного времени и, следовательно, должен рассчитываться по часам облучения.

Тогда прямая радиация, поступающая на вертикальную поверхность, определяется из коэффициента пересчета с горизонтальной поверхности на вер-

тикальную $K_{ГВ}^ч(t_{\odot})$ и справочных данных, зависящих от истинного солнечного времени $S^{гор}(t_{\odot})$

$$S^{всп}(t_{\odot}) = K_{ГВ}^ч(t_{\odot})S^{всп}(t_{\odot}). \quad (6)$$

Формула (6) в совокупности с формулой (5) представляет собой метод расчета поступающей солнечной радиации на вертикальную поверхность по часам светового дня.

Сравнение использования рассчитанных по часам и экспериментально полученных значений коэффициента пересчета. Для проведения сравнительных расчетов следует выбрать определенный промежуток времени, основываясь на данных о поступающей солнечной радиации и коэффициенте пересчета. Так, в справочных данных [13] приведены усредненные многолетние значения поступающей на горизонтальную поверхность прямой солнечной радиации по часам светового дня, а также за сутки и за месяц. В нормативном документе¹ даны значения коэффициента пересчета $K_{ГВ}^э$ для 15-го числа каждого месяца. Эти значения изначально были приведены в работе [7] и получены экспериментально с целью упрощения расчетов по формулам, аналогичным приведенным выше, когда исследователи не обладали современными вычислительными возможностями. Коэффициенты рассчитаны по экспериментальным данным многолетних измерений дневных сумм прямой радиации, поступающей на вертикальную и горизонтальную поверхности

$$K_{ГВ}^э = \frac{\sum S^{всп}}{\sum S^{гор}}. \quad (7)$$

Экспериментальные измерения и соответственно вычисления в работе [7] производились с учетом длительности облучения фасада соответствующей ориентации, однако нам не известны погрешности, заложенные в измерения и в дальнейший расчет.

Исходя из указанных данных, для расчета $K_{ГВ}^ч(t_{\odot})$ по часам истинного солнечного времени выбираются 15-е числа месяцев года и фасады четырех основных ориентаций, расположенные на географической широте г. Москвы (56° с.ш.). Для сравнения проводится расчет средних значений почасовых коэффициентов пересчета по формуле расчета среднего арифметического

$$\bar{K}_{ГВ}^ч = \frac{\sum_1^n K_{ГВ}^ч(t_{\odot})}{n}, \quad (8)$$

где n – количество полных часов за период облучения фасада.

В табл. 1, 2 приведены коэффициенты пересчета $K_{ГВ}^ч(t_{\odot})$ по часам истинного солнечного времени, рассчитанные по формуле (5); коэффициенты, полученные по формуле (8) как средние значения $K_{ГВ}^ч(t_{\odot})$ за период облучения каждого фасада, $\bar{K}_{ГВ}^ч$; коэффициенты, рассчитанные по формуле (7) по экспериментальным данным и приведенные в работе [7], $K_{ГВ}^э$, для 15-го числа каждого месяца (56° с. ш.).

Почасовой расчет поступающей прямой солнечной радиации на фасады здания

Таблица 1. Коэффициенты пересчета для 15-го числа каждого месяца при северной ориентации фасада (56° с.ш.)

Коэффициенты пересчета	t_{\odot} , ч	Месяцы года				
		IV	V	VI	VII	VIII
$K_{ГВ}^{\text{ч}}(t_{\odot})$	4–5		7,44	3,90	4,71	
	5–6			1,23	1,29	
	19–20			3,90	4,71	
$\bar{K}_{ГВ}^{\text{ч}}$	–		7,44	3,01	3,57	
$K_{ГВ}^{\text{э}}$	–	0,02	0,08	0,12	0,1	0,04

Таблица 2. Коэффициенты пересчета: почасовые $K_{ГВ}^{\text{ч}}(t_{\odot})$, средние $\bar{K}_{ГВ}^{\text{ч}}$, экспериментальные $K_{ГВ}^{\text{э}}$ для 15-го числа каждого месяца

Коэффициенты пересчета	t_{\odot} , ч	Месяцы года											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

При восточной ориентации фасада (56° с.ш.)

$K_{ГВ}^{\text{ч}}(t_{\odot})$	4–5						6,46						
	5–6					4,74	3,49	3,88					
	6–7				4,62	2,79	2,31	2,47	3,51				
	7–8			5,07	2,60	1,86	1,62	1,70	2,18	3,57			
	8–9		5,22	2,57	1,65	1,27	1,14	1,19	1,44	2,06	3,64		
	9–10	4,99	2,38	1,48	1,04	0,84	0,76	0,79	0,93	1,25	1,90	3,63	
	10–11	1,96	1,17	0,79	0,58	0,48	0,44	0,45	0,53	0,68	0,97	1,59	2,40
$\bar{K}_{ГВ}^{\text{ч}}$	–	3,47	2,92	2,48	2,10	2,00	2,32	1,75	1,72	1,89	2,17	2,61	2,40
$K_{ГВ}^{\text{э}}$	–	0,84	0,66	0,64	0,58	0,54	0,52	0,53	0,56	0,64	0,68	0,83	0,9

При южной ориентации фасада (56° с.ш.)

$K_{ГВ}^{\text{ч}}(t_{\odot})$	7–8				0,62	0,26	0,13	0,18	0,41	1,11			
	8–9			1,71	0,85	0,50	0,38	0,42	0,66	1,23	2,69		
	9–10		3,07	1,65	0,96	0,64	0,52	0,57	0,79	1,28	2,30		
	10–11	5,04	2,72	1,62	1,02	0,72	0,60	0,64	0,86	1,31	2,15	3,95	
	11–12	4,46	2,59	1,61	1,04	0,75	0,64	0,68	0,89	1,32	2,09	3,62	5,38
	12–13	4,46	2,59	1,61	1,04	0,75	0,64	0,68	0,89	1,32	2,09	3,62	5,38
	13–14	5,04	2,72	1,62	1,02	0,72	0,60	0,64	0,86	1,31	2,15	3,95	
	14–15		3,07	1,65	0,96	0,64	0,52	0,57	0,79	1,28	2,30		
	15–16			1,71	0,85	0,50	0,38	0,42	0,66	1,23	2,69		
	16–17				0,62	0,26	0,13	0,18	0,41	1,11			

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\bar{K}_{ГВ}^ч$	–	4,67	2,86	1,66	0,92	0,60	0,48	0,52	0,69	1,23	2,28	3,87	5,35
$K_{ГВ}^э$	–	5,15	2,8	1,55	0,9	0,55	0,44	0,48	0,74	1,26	2,2	4,2	6,1
При западной ориентации фасада (56° с.ш.)													
$K_{ГВ}^ч(t_{\odot})$	13–14	1,96	1,17	0,79	0,58	0,48	0,44	0,45	0,53	0,68	0,97	1,59	2,40
	14–15	4,99	2,38	1,48	1,04	0,84	0,76	0,79	0,93	1,25	1,90	3,63	
	15–16		5,22	2,57	1,65	1,27	1,14	1,19	1,44	2,06	3,64		
	16–17			5,07	2,60	1,86	1,62	1,70	2,18	3,57			
	17–18				4,62	2,79	2,31	2,47	3,51				
	18–19					4,74	3,49	3,88					
	19–20						6,46						
$\bar{K}_{ГВ}^ч$	–	3,47	2,92	2,48	2,10	2,00	2,32	1,75	1,72	1,89	2,17	2,61	2,40
$K_{ГВ}^э$	–	0,94	0,84	0,72	0,52	0,46	0,46	0,47	0,52	0,58	0,68	0,83	0,94

Из данных табл. 1, 2 следует, что только для южной ориентации среднее за период облучения фасада значение коэффициента $\bar{K}_{ГВ}^ч$ близко к значению, содержащемуся в нормативном документе¹, $K_{ГВ}^э$. Это связано с тем, что период облучения южного фасада самый длительный, а интенсивность облучения самая высокая, следовательно, достаточно легко провести большой объем измерений и составить подходящую выборку, что увеличивает точность расчетов по формуле (7). Для всех остальных ориентаций значения коэффициентов пересчета существенно отличаются.

Однако следует провести сопоставленный анализ расчета поступающей солнечной радиации при использовании почасовых и экспериментальных значений коэффициентов соответственно $K_{ГВ}^ч(t_{\odot})$ и $K_{ГВ}^э$.

Сопоставление расчета поступающей солнечной радиации при использовании расчетных почасовых и полученных из эксперимента значений коэффициентов пересчета. С использованием данных справочника [13] о поступающей прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе, $S_{ясн}^{гор}$, МДж/м², и прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности, $S_{обл}^{гор}$, МДж/м², произведено вычисление прямой солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность по формуле (6) при ясном небе, $S_{ясн}^ч$, МДж/м², и при средних условиях облачности, $S_{обл}^ч$, МДж/м². Аналогично получены значения, основанные на экспериментально полученных данных $K_{ГВ}^э$ из [7], для $S_{обл}^э$ и $S_{ясн}^э$. В работе З.И. Пивоваровой [7] коэффициенты $K_{ГВ}^э$ вычислены для средних условий облачности, однако, там же показано, что их допустимо применять при безоблачном небе, поэтому для вычисления $S_{ясн}^э$ используют-

ся также коэффициенты $K_{ГВ}^3$. В табл. 3 приведено сравнение результатов вычисления относительной разницы значений прямой радиации с использованием расчетных и экспериментальных значений коэффициентов пересчета, для ясных, $S_{ясн}^ч$ и $S_{ясн}^э$, и облачных, $S_{обл}^ч$ и $S_{обл}^э$, дней соответственно.

Из данных табл. 3 следует, что значения прямой радиации, полученные с использованием расчетных данных, наиболее близки к полученным с использованием экспериментальных данных для южной ориентации фасада в более теплый период года – наименьшая абсолютная величина относительной разницы составляет 0,1 %; для восточной и западной ориентаций наименьшая абсолютная величина – 0,2 и 0,7 % соответственно. Наибольшая расхожимость между экспериментальными и расчетными данными наблюдается для северной ориентации в летние месяцы (до 90 %), а также в зимние месяцы для трех остальных рассматриваемых ориентаций (до 67–71 %).

Таким образом, результаты расчета прямой солнечной радиации по часам близки к таковым, выполненным по экспериментальным данным, при условии длительного и интенсивного облучения фасада, так как именно такие условия способствуют наиболее точному определению экспериментального коэффициента пересчета, используемого в этом расчете. В иных случаях, при небольшой длительности и интенсивности поступающей радиации, экспериментальное определение коэффициента пересчета является недостаточно точным, а расчеты поступающей солнечной радиации с его использованием – завышенными.

Представляется более точным использовать почасовой расчет поступления прямой солнечной радиации на фасад заданной ориентации с использованием почасовых значений коэффициентов пересчета, а особенности климата учитывать посредством данных о почасовом поступлении радиации на горизонтальную поверхность. Ожидаются еще более существенные различия в расчетах при учете влияния застройки в период облучения исследуемого фасада.

Таблица 3. Относительная разница значений прямой радиации с использованием почасовых расчетных ($K_{ГВ}^3$) и полученных из эксперимента ($K_{ГВ}^э$) значений коэффициентов пересчета, для ясных, $S_{ясн}^ч$ и $S_{ясн}^э$, и облачных, $S_{обл}^ч$ и $S_{обл}^э$, дней

Ориентация фасада	Относительная разница $\frac{(S_{ясн}^э - S_{ясн}^ч)}{S_{ясн}^э} \cdot 100\%$, $\frac{(S_{обл}^э - S_{обл}^ч)}{S_{обл}^э} \cdot 100\%$											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ясные дни												
Север					81,6	45,1	49,0					
Восток	5,9	9,7	7,4	6,8	5,1	3,6	9,7	17,2	17,8	15,5	21,7	43,7
Юг	17,5	10,2	1,4	0,1	-1,5	1,9	0,3	0,3	0,4	1,1	29,0	46,9
Запад	50,5	18,1	15,2	0,8	-2,0	-0,7	4,1	16,5	14,3	18,6	33,0	71,0
Облачные дни												
Север					89,6	49,1	45,4					
Восток	27,6	18,7	12,3	9,5	-0,2	-2,4	-0,5	11,4	15,4	22,5	22,6	66,7
Юг	15,7	9,9	0,6	-0,8	-2,2	2,6	1,6	2,7	0,3	1,7	29,2	50,3
Запад	43,6	18,1	17,4	4,6	6,9	4,6	11,8	15,6	18,9	16,7	31,7	52,2

Заключение. Приведен векторный подход к выводу зависимости прямой радиации, поступающей на вертикальную поверхность. Проведено сравнение подходов к расчету прямой солнечной радиации с использованием коэффициентов пересчета, полученных по часам облучения и по экспериментальным данным за период облучения конкретного фасада.

Показано, что расчеты близки для месяцев более теплого периода года для южной, восточной и западной ориентаций и значительно разнятся для месяцев более холодного периода, что связывается с погрешностями получения экспериментальных значений при небольшой интенсивности и длительности облучения в холодные месяцы года. При этом расчет за месяцы отопительного периода с использованием экспериментальных значений коэффициентов пересчета, которые заложены в нормативный документ¹, существенно завышен относительно почасового расчета, приведенного в данной работе.

Для рассмотренного примера наиболее целесообразно использовать предложенный в данной работе расчет почасовых значений коэффициентов и прямой солнечной радиации, поступающей на фасад заданной ориентации.

Сравнительный расчет с использованием почасовых значений коэффициента пересчета следует провести для большей части территории России и разработать предложения для внесения изменений при актуализации нормативного документа¹.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gagarin V., Neklyudov A.Y. Improving the accuracy of the calculation of thermal capacity of heating systems when designing the buildings with high energy efficiency // International journal for housing science and its applications. 2015. Vol. 39, No. 2. P. 79–87.
2. Shristi Kh., Singh S.K. Energy efficient buildings // International Journal of Civil Engineering Research. 2014. Vol. 5. P. 361–366.
3. Коркина Е.В. Критерий эффективности замены стеклопакетов в здании с целью энергосбережения // Жилищное строительство. 2018. № 6. С. 6–9.
4. Гагарин В.Г., Зубарев К.П. Математическое моделирование нестационарного влажностного режима ограждений с применением дискретно-континуального подхода // Вестн. МГСУ. 2020. Т. 15, № 2. С. 244–256.
5. Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 170 с.
6. Круглова А.И. Климат и ограждающие конструкции. М.: Стройиздат, 1970. 166 с.
7. Пивоварова З.И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства // Труды ГГО. 1973. Вып. 321. 128 с.
8. Коркина Е.В., Горбаренко Е.В., Гагарин В.Г., Шмаров И.А. Основные соотношения для расчета облучения солнечной радиацией стен отдельно стоящих зданий // Жилищное строительство. 2017. № 6. С. 27–33.
9. Коркина Е.В. Графический метод расчета поступающей на фасад прямой солнечной радиации при наличии противостоящего здания // Вестн. МГСУ. 2019. Т. 14, вып. 2. С. 237–249.
10. Esquivias P.M., Moreno D., Navarro J. Solar radiation entering through openings: Coupled assessment of luminous and thermal aspects // Energy and Buildings. 2018. Vol. 175. P. 208–218.

11. Kontoleon K.J. Energy saving assessment in buildings with varying façade orientations and Types of glazing systems when exposed to sun // International Journal of Performability Engineering. 2013. Vol. 9, No. 1. P. 33–48.
12. Levinson R. Using solar availability factors to adjust cool-wall energy savings for shading and reflection by neighboring buildings // Solar Energy. 2019. Vol. 180. P. 717–734.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6, вып. 1–34. СПб.: Гидрометеиздат, 1989–1998.

Коркина Елена Владимировна, канд. техн. наук; E-mail: elena.v.korkina@gmail.com
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Получено 13.01.2020

Korkina Elena Vladimirovna, PhD; E-mail: elena.v.korkina@gmail.com
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia

HOURLY CALCULATION OF INCOMING DIRECT SOLAR RADIATION TO THE BUILDING FACADES

The Russian regulatory documents provide the calculation of direct solar radiation to the vertically located facades of a single-standing building. The source data in the reference literature are values of the solar radiation intensity entering the horizontal surface, as well as the conversion factors of direct solar radiation from the horizontal surface to vertical, calculated from experimental data for the entire period of facade irradiation. We consider a calculation comparison of the incoming direct solar radiation using conversion factors, obtained from experimental data and calculated from hours of daylight in this research paper. Good results' convergence for the example is shown under the condition of prolonged and intensive irradiation of the facades. Conclusions about the need for such a comparison for the Russian entire territory and the possibility of further adjusting the calculation of heat input to the building from solar radiation in accordance with Russian regulatory documents, calculating the consumption of thermal energy for heating and ventilation of residential and public buildings are drawn in the research work.

Key words: solar radiation, direct solar radiation, building, heat inputs, air conditioning.

REFERENCES

1. Gagarin V., Neklyudov A.Y. Improving the accuracy of the calculation of thermal capacity of heating systems when designing the buildings with high energy efficiency // International journal for housing science and its applications. 2015. Vol. 39, No. 2. Pp. 79–87.
2. Shristi Kh., Singh S.K. Energy efficient buildings. International Journal of Civil Engineering Research. 2014. Vol. 5. Pp. 361–366.
3. Korkina E.V. Kriteriy effektivnosti zameny steklopaketov v zdanii s tsel'yu energosberezheniya [Efficiency criterion for replacing double-glazed windows in a building for energy conservation]. Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing construction]. 2018. No. 6. Pp. 6–9. (in Russian)
4. Gagarin V.G., Zubarev K.P. Matematicheskoe modelirovanie nestatsionarnogo vlazhnostnogo rezhima ograzhdeniy s primeneniem diskretno-kontinual'nogo podkhoda [Mathematical modeling of unsteady humidity conditions of fences using a discrete-continuous approach]. Vestnik MGSU [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2020. Vol. 15, No. 2. Pp. 244–256. (in Russian)

5. Kondrat'ev K.Ya., Pivovarova Z.I., Fedorova M.P. Radiatsionnyy rezhim naklonnykh poverkhnostey [The radiation regime of inclined surfaces]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978. 170 p. (in Russian)
6. Kruglova A.I. Klimat i ograzhdayushchie konstruktsii [Climate and building envelope]. Moscow, Stroyizdat, 1970. 166 p. (in Russian)
7. Pivovarova Z.I. Kharakteristika radiatsionnogo rezhima na territorii SSSR primenitel'no k zaprosam stroitel'stva [Characterization of the radiation regime in the USSR as applied to construction requests]. Trudy GGO [Proceedings of the State Civil Defense Organization]. 1973. Iss. 321. 128 p. (in Russian)
8. Korkina E.V., Gorbarenko E.V., Gagarin V.G., Shmarov I.A. Osnovnye sootnosheniya dlya rascheta oblucheniya solnechnoy radiatsiey sten ot del'no stoyashchikh zdaniy [The main ratios for calculating the solar radiation exposure of the separate buildings' walls]. Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing construction]. 2017. No. 6. Pp. 27–33. (in Russian)
9. Korkina E.V. Graficheskiy metod rascheta postupayushchey na fasad pryamoy solnechnoy radiatsii pri nalichii protivostoyashchego zdaniya [The graphic method of calculating direct solar radiation entering the facade in the presence of an opposing building]. Vestnik MGSU [Bulletin of MSUCE]. 2019. Vol. 14. Iss. 2. Pp. 237–249. (in Russian)
10. Esquivias P.M., Moreno D., Navarro J. Solar radiation entering through openings: Coupled assessment of luminous and thermal aspects. Energy and Buildings. 2018. Vol. 175. Pp. 208–218.
11. Kontoleon K.J. Energy saving assessment in buildings with varying façade Orientations and types of glazing Systems when exposed to sun. International Journal of Performability Engineering. 2013. Vol. 9, No. 1. Pp. 33–48.
12. Levinson R. Using solar availability factors to adjust cool-wall energy savings for shading and reflection by neighboring buildings. Solar Energy. 2019. Vol. 180. Pp. 717–734.
13. Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye [Scientific-applied reference on the USSR climate. Ser. 3. Long-term data. Part 1–6, No. 1–34]. Parts 1–6. Issue 1–34. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1989–1998. (in Russian)