

DOI: 10.34031/article_5da44e83653801.83128737

¹Коркина Е.В., ²*Войтович Е.В., ²Плющенко Н.Ю., ²Столяров М.Д.¹Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук
Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

*E-mail: e.voitovich@mail.ru

ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ НА ФАСАД ЗДАНИЯ В ЗАСТРОЙКЕ ПРИ УЧЕТЕ ТЕПЛООБМЕНА ИЗЛУЧЕНИЕМ

Аннотация. При рассмотрении температурного режима в городских условиях изучаются различные факторы, влияющие на повышение температуры воздуха. Однако, на температурный режим могут влиять и другие составляющие. Представляется интересным рассмотреть, нагрев поверхностей фасадов за счет солнечной радиации и дальнейший теплообмен излучением между нагретыми поверхностями. Для этого предложен метод, основанный на применении формулы А.М. Шкловера, определяющей нагрев поверхности от солнечной радиации, с дальнейшим вычислением по формуле Стефана-Больцмана количества дополнительной лучистой теплоты, поступающей на фасад здания от прилегающих объектов и определяющей дополнительный нагрев поверхности фасада. Применение метода проиллюстрировано примером расчета для зданий, последовательно расположенных в городах с различным климатом: г. Москва, г. Краснодар и г. Чита. Расчет нагрева поверхности фасада проводился для ясного дня за один час. Учитывалось влияние прилегающих объектов на поступление солнечной радиации к исследуемым поверхностям. Показано повышение температуры нагрева исследуемого фасада при учёте поступления лучистой теплоты от прилегающих объектов. Развитие предложенного метода может быть использовано при изучении температурного режима в городских условиях.

Ключевые слова: солнечная радиация, температурный режим, застройка, поглощение солнечной радиации, фасады зданий, лучистый теплообмен.

Введение. Общеизвестен тот факт, что в городских условиях температурный режим отличается от такового в сельских. Исследования температурного режима в городах проводятся в ряде работ при изучении температуры нагрева воздуха [1, 2], при этом рассматриваются различные закономерности и составляются математические модели [3]. Согласно [3] повышение температуры воздуха может происходить по нескольким причинам: вариации солнечной постоянной, трансформация свойств земной поверхности (например, альбедо), изменение состава атмосферы. Однако, на температурный режим в застройке, как в многокомпонентной среде [4], могут влиять и другие составляющие, определяемые процессами их взаимодействия. Представляется интересным рассмотреть нагрев поверхности фасадов зданий от солнечной радиации и следующие за этим теплофизические процессы, приводящие к повышению температуры поверхностей фасадов зданий, находящихся в застройке.

В строительной практике принято проводить расчёты тепlopоступлений в здание от солнечной радиации через светопрозрачные заполнения светопроемов¹ [5, 6], в том числе с учётом различной ориентации фасадов зданий по сторонам света с целью экономии энергии на отопление [7] и кондиционирование [7, 8, 9]. При этом недостаточно рассмотрены факторы дополнительного нагрева самой поверхности фасада, не включающей остекление. Поверхность фасада, вследствие нагрева от солнечной радиации, вступает в теплообмен излучением с окружающими его объектами, величина которого зависит от температуры их поверхностей. Данный вид теплообмена обеспечивает дополнительный приток теплоты к фасадам зданий, что в совокупности с факторами, указанными К.Я. Кондратьевым [3], объясняет более высокую их температуру в городских условиях, по сравнению с сельскими [1]. Настоящая работа посвящена определению дополнительной теплоты, поступающей на фасад здания, находящегося в застройке, от теплообмена излучением с окружающими объектами. Развитие методов

¹ СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Утв. приказом Минрегион России от 30.06.2012 №265. Введ. в действие с 01.07.2013. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 100 с.

расчёта, предлагаемых в настоящей работе, может быть направлено на изучение теплового режима в городских условиях.

Методология. Как известно, поступающее на поверхность суммарное (прямое плюс рассеянное) солнечное излучение I , которое является тепловым потоком (при отнесении к единичной площади – удельным тепловым потоком, Вт/м²), частично отражается от нее, частично поглощается ею, частично проходит через нее:

$$I = I_{\text{отр}} + I_{\text{погл}} + I_{\text{прош}} \quad (1)$$

При рассмотрении фасадов, не имеющих светопроемов, составляющая, проходящая через поверхность, равняется нулю $I_{\text{прош}}=0$, что позволяет определить коэффициент отражения фасада через коэффициент поглощения и наоборот.

Поглощенная составляющая солнечного излучения $I_{\text{погл}}$ затем участвует в теплообмене излучением с окружающими объектами $E_{\text{луч}}$, расходуется на конвективный теплообмен $E_{\text{конв}}$, а также сохраняется в виде внутренней энергии поверхности $E_{\text{внутр}}$. При этом можно допустить, что составляющая, теряемая на теплопроводность в воздух, мала вследствие малого значения теплопроводности воздуха, заполняющего пространство между поверхностями фасадов. Тогда выражение баланса удельного теплового потока, Вт/м², для поверхности фасада, отдающего теплоту излучением, выглядит следующим образом:

$$I_{\text{погл}} = E_{\text{луч}} + E_{\text{конв}} + E_{\text{внутр}} \quad (2)$$

Но поверхность фасада может не только отдавать, но и получать теплоту излучением от окружающих объектов. В данной работе рассматривается нагрев поверхности фасада вследствие поглощения теплоты от солнечного излучения $I_{\text{погл}}$ при наличии застройки, а также теплообмен излучением и определение величины $E_{\text{луч}}$, получаемой от соседних поверхностей, в результате которого происходит дополнительный нагрев поверхности фасада. В этом случае выражение баланса удельного теплового потока для поверхности фасада, принимающего теплоту излучением записывается как:

$$(I + E_{\text{луч}})_{\text{погл}} = E_{\text{конв}} + E_{\text{внутр}} \quad (3)$$

Основная часть. Метод учёта влияния застройки при теплообмене излучением. Для проведения дальнейших теоретических выкладок и расчетов следует указать принятые допущения:

- отсутствует многократное отражение и поглощение между фасадами зданий и подстилающей поверхностью;

- поверхности фасадов считаются серыми телами;

- вследствие большого сопротивления теплопередаче стен фасадов [10] считается, что температура наружной поверхности не зависит от температуры внутреннего воздуха помещения;

- вычисления производятся для тонкого поверхностного слоя фасада за один час, поэтому считается, что тонкий слой принял постоянную температуру, соответствующую окончанию временного интервала;

- рассматриваемые поверхности фасадов не имеют светопроемов;

- ослабление э/м излучения в воздушном пространстве между зданиями и подстилающей поверхностью отсутствует, т.е. влияние атмосферы не рассматривается.

На первом этапе последовательно проводится расчёт температуры нагрева поверхностей фасадов зданий и подстилающей поверхности от солнечной радиации в соответствии с формулой А.М. Шкловера [11] за один час светового дня:

$$t_{\text{н}}^{\text{усл}} = t_{\text{н}} + \frac{I \cdot \rho}{\alpha_{\text{н}}} \quad (4)$$

где $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С, определяемая по²; I – суммарная солнечная радиация, поступающая на вертикальную поверхность фасада за исследуемый промежуток времени, Вт/м², при ясном небе, определяется согласно [5] с использованием данных справочника [12] о почасовых значениях солнечной радиации; ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью фасада, определяемый по разделу 6 СП 50.13330.2012; $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплообмена у поверхности фасада, Вт/м²°С, вычисляемый согласно разделу 6 СП 50.13330.2012.

На втором этапе расчётов определяется поверхность p с наименьшей температурой $t_{\text{н}}^{\text{усл}}$, т.к. она будет принимать лучистый тепловой поток от прилегающих поверхностей [13]. При этом считается, что температура тонкого нагретого слоя поверхности p приняла постоянную температуру в конце рассматриваемого временного интервала. Затем по формуле Стефана-Больцмана с учётом углового коэффициента излучения [13] последовательно определяется дополнительный тепловой поток, Вт, получаемый лучистым теплообменом принимающей поверхностью p от каждой из прилегающих поверхностей i :

² СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. М.: Минрегион России, 2012. 116 с.

$$Q_i = \varepsilon_{i-p} C_0 \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_p}{100} \right)^4 \right] A_p \varphi_{i-2} \quad (5)$$

где ε_{i-p} – приведенный коэффициент излучения поверхностей i и p , определяется согласно [13]; C_0 – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/м²К⁴; T_1 , T_2 – температура первой и второй поверхностей, К, определяется из формулы (3); A – площадь исследуемой поверхности, м²; φ_{i-p} – угловой коэффициент излучения, т.е. доля лучистой энергии, которая покидает поверхность i и достигает поверхности p , определяется согласно [11, 13].

Общий приход лучистого удельного теплового потока, Вт/м², к поверхности p определяется как:

$$E_{\text{луч}} = \sum_{i=1}^n Q_i / A_p \quad (6)$$

На третьем этапе расчётов в соответствии с формулами (3) и (4) определяется температура

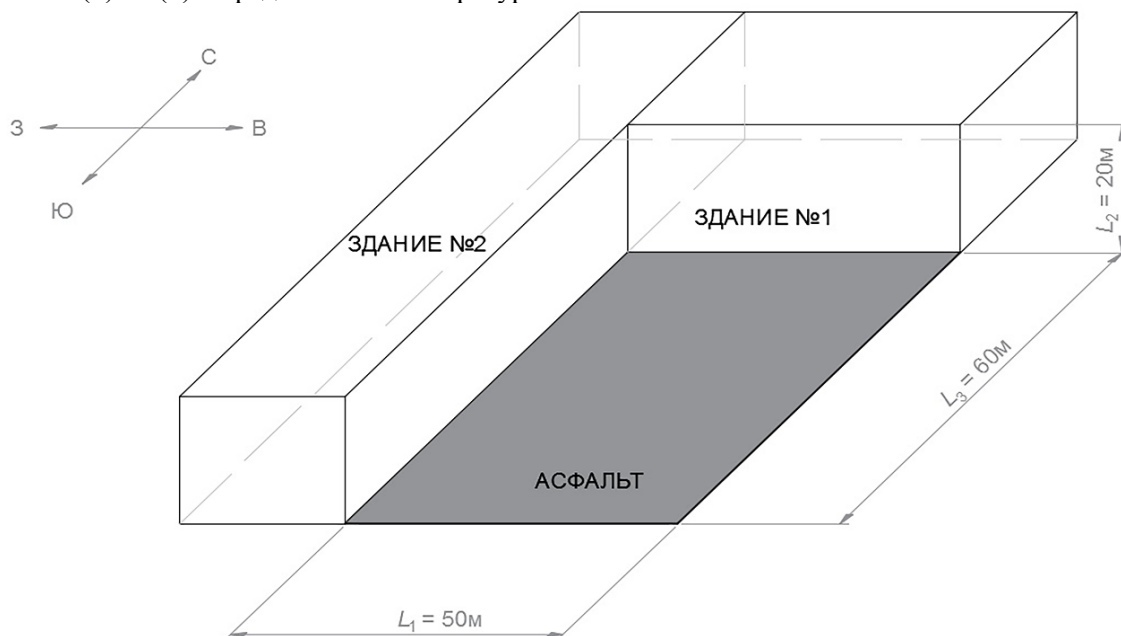


Рис. 1. Схема расположения зданий и подстилающей поверхности

Первый этап – расчёт радиационной температуры нагрева поверхностей.

Солнечная радиация I определяется согласно [5] при ясном небе с использованием значений прямой и рассеянной радиации за промежуток 10–11 ч по истинному солнечному времени по данным [12]. При расчёте солнечной радиации по [5] не участвует составляющая, отраженная от подстилающей поверхности, т.к. при ее учете было бы справедливо учесть и составляющую, отраженную от прилегающего здания, что представляется возможным в дальнейших работах авторов. Часы облучения прямой радиацией выбраны такие, что облучаются оба фасада и подстилающая поверхность, т.е. не происходит перекрытие прямой радиации прилегающим зданием.

$t_{\text{доп}}$ поверхности p при учете дополнительного лучистого удельного теплового потока, Вт/м², от теплообмена излучением: $(I + E_{\text{луч}})$. Рассчитанная температура $t_{\text{доп}}$ относится к концу рассматриваемого временного промежутка, равного одному часу и может быть использована при дальнейших расчетах за следующий временной промежуток.

Пример расчёта. В качестве методического примера рассматривается теплообмен излучением между двумя зданиями и подстилающей поверхностью, расположенными по схеме, представленной на рис. 1. Фасад здания №1 ориентирован на юг, фасад здания №2 ориентирован на восток. Расчетный час – с 10 до 11 часов утра. Расчетные месяцы: декабрь, март, июнь. Для сравнения результатов вычислений, последовательно рассматриваются три местоположения зданий с различным климатом: Москва, Краснодар и Чита.

Расчет рассеянной радиации проводится с учетом перекрытия части небосвода прилегающим зданием согласно методике, представленной в [14], по которой определен коэффициент перекрытия небосвода, равный для фасада №2: 0,07, для фасада №1: 0,09.

Температура наружного воздуха t_n , °С определена по². Коэффициент теплообмена у поверхности фасада α_n , Вт/м² °С, вычислен согласно разделу 6 нормативного документа СП 50.13330.2012. Коэффициенты поглощения поверхностей фасадов и подстилающей поверхности приняты по СП 50.13330.2012: $\rho_1 = \rho_2 = 0,8$ (облицовочная плитка), $\rho_3 = 0,9$ (асфальт).

Результаты расчётов температуры нагрева фасадов (поверхности №1 и №2) и подстилающей поверхности (№3) от солнечной радиации по

формуле (4) представлены в таблице 1 для рассматриваемых городов.

Таблица 1

Температуры нагрева поверхностей №1, 2, 3 в гг. Москве, Краснодаре, Чите

Месяц	$I_1, \text{Вт/м}^2$	$I_2, \text{Вт/м}^2$	$I_3, \text{Вт/м}^2$	$t_{н1}^{\text{усл}}, ^\circ\text{C}$	$t_{н2}^{\text{усл}}, ^\circ\text{C}$	$t_{н1}^{\text{усл}}, ^\circ\text{C}$
г. Москва						
Декабрь	466	91	128	7,8	-3,0	-1,5
Март	628	295	497	17,0	7,3	15,0
Июнь	409	354	800	31,1	29,2	48,2
г. Краснодар						
Декабрь	713	156	292	24,9	7,0	12,6
Март	598	281	631	22,8	13,6	26,0
Июнь	277	275	867	30,0	30,0	52,8
г. Чита						
Декабрь	588	147	178	0,4	-16,9	-14,8
Март	664	349	547	12,1	1,8	10,5
Июнь	382	321	844	28,4	26,5	46,4

Второй этап – расчёт поступления лучистой теплоты к исследуемой поверхности.

Из данных таблицы 1 видно, что температура нагрева фасада №2 ниже, чем у прилегающих поверхностей для всех трех вариантов расположения зданий, значит поверхность фасада №2 является принимающей лучистую теплоту (поверхность p).

Коэффициенты излучения приняты равными коэффициентам поглощения, что справедливо

для серых тел при стационарном тепловом режиме [13], т.е. $\varepsilon_1=\rho_1=0,8$, $\varepsilon_2=\rho_2=0,8$, $\varepsilon_3=\rho_3=0,9$. Угловые коэффициенты излучения поверхности №1 на поверхность №2 и поверхности №3 на поверхность №2 определены согласно [11] и равны $\varphi_{1-2}=0,12$, $\varphi_{3-2}=0,37$.

Результаты расчётов по формулам (5) и (6) поступления лучистого удельного теплового потока к фасаду №2 от фасада №1 и подстилающей поверхности №3 представлены в таблице 2.

Таблица 2

Лучистый удельный тепловой поток от поверхностей №1 и №3 на поверхность №2, Q_{1-2} и Q_{3-2} , соответственно, и суммарный лучистый удельный тепловой поток $E_{\text{луч}}$ в гг. Москве, Краснодаре и Чите

Месяц	$Q_{1-2}, \text{Вт/м}^2$	$Q_{3-2}, \text{Вт/м}^2$	$E_{\text{луч}}, \text{Вт/м}^2$
г. Москва			
Декабрь	3,9	1,8	5,8
Март	3,9	10,7	14,6
Июнь	0,9	31,6	32,5
г. Краснодар			
Декабрь	7,5	7,6	15,1
Март	4,0	18,9	22,9
Июнь	0,03	42,9	42,9
г. Чита			
Декабрь	5,6	2,1	7,7
Март	3,9	11,5	15,4
Июнь	-0,9	32,7	33,6

Третий этап – расчёт дополнительной температуры нагрева исследуемой поверхности на конец временного интервала.

Данные расчетов температуры нагрева фасада №2, $t_{\text{доп}}$, по формуле (4) с использованием

суммарного притока теплоты ($I+E_{\text{луч}}$) в соответствии с формулой (3) приведены в таблице 3 для трех рассматриваемых городов. Для сравнения приведена разница между температурой нагрева

с учётом дополнительного нагрева от теплообмена излучением и без учёта $\Delta t = t_{\text{доп}} - t_{\text{н2}}^{\text{усл}}$.

Таблица 3

Температура $t_{\text{доп}}$ восточного фасада при дополнительном лучистом удельном тепловом потоке ($I+E_{\text{луч}}$) для фасада №2

Месяц	г. Москва		г. Краснодар		г. Чита	
	$t_{\text{доп}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{доп}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{доп}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$
Декабрь	-2,8	0,2	7,5	0,5	-16,6	0,3
Март	7,7	0,4	14,2	0,7	2,3	0,5
Июнь	32,3	1,1	31,4	1,4	29,5	1,1

Из таблицы 3 видно, что дополнительный нагрев Δt фасада №2 составляет 0,2–0,5 °С в декабре, при этом наибольшее значение для южного города Краснодара.

В марте, когда наблюдается наибольший приход солнечной радиации на южный фасад, различия в температурах между южным и восточным фасадом значительны (см. табл.1), за счет чего наблюдается дополнительный нагрев фасада №2 Δt на 0,4–0,7 °С, наибольшее значение – для г. Краснодара.

Для июня различия в наружных температурах поверхностей фасадов не так значительны в сравнении с различием температуры исследуемого фасада и подстилающей поверхности, что связано с большим приходом солнечной радиации на горизонтальные поверхности в летний период. Поэтому дополнительный нагрев фасада №2 Δt составляет от 1,1–1,4 °С, опять же наибольший – для Краснодара.

Для всех рассмотренных случаев приток теплоты от подстилающей поверхности выше вследствие того, что она имеет больший коэффициент поглощения солнечной радиации и, соответственно, больший коэффициент излучения, а также больший угловой коэффициент излучения вследствие большей зоны контакта $\varphi_{3-2} > \varphi_{1-2}$.

Выводы. Рассмотрены этапы расчёта дополнительной температуры нагрева фасада здания, находящегося в застройке, от лучистого теплообмена. Расчёты проведены при расположении зданий в трёх городах, имеющих различный климат. Показано, что исследуемая поверхность фасада имеет дополнительный нагрев от лучистого теплообмена за исследуемый временной интервал, равный одному часу, наибольший для южного города.

Следует отметить, что исследуемый фасад №2 получает также дополнительную теплоту от отраженной от окружающих его объектов солнечной радиации, а именно от фасада №1 $E_{\text{фасад№1}}$ и подстилающей поверхности $E_{\text{пов}}$. Тогда суммарные дополнительные теплоступления к фасаду №2 записываются в виде:

$$E_{\text{фасад№2}} = E_{\text{луч}} + E_{\text{фасад№1}} + E_{\text{пов}} \quad (7)$$

В данной работе, как уже отмечалось, рассмотрено вычисление величины $E_{\text{луч}}$. Расчёты по определению других составляющих формулы (7) с определением дополнительной температуры нагрева планируется проводить в дальнейшем с расчётом коэффициентов поступления отраженной радиации.

При учете указанных составляющих формулы (7), а также при учёте нестационарного теплового режима возможно предположить больший дополнительный нагрев фасадов зданий, находящихся в застройке.

Данная работа может быть направлена на развитие методов расчёта температурного режима в застройке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вязанкин А.С., Вязанкин С.А., Жадин Е.А., Кадыгров Е.Н. Анализ вертикального распределения температуры в пограничном слое атмосферы в пригороде и мегаполисе // Метеорология и гидрология. 2003. № 7. С. 5–12.
2. Григорова Е.С. О мезоклимате московского мегаполиса // Метеорология и гидрология. 2004. №10. С. 36–45.
3. Кондратьев К.Я. Глобальный климат. СПб.: Изд-во Наука: С.-Петербург. отд-ние, 1992. 356 с.
4. Черныш Н.Д., Тарасенко В.Н. Микроклимат селитебной территории как многокомпонентная среда архитектурно-строительного проектирования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 57–61.
5. 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.
6. Гагарин В.Г., Коркина Е.В., Шмаров И.А. Теплоступления и теплопотери через стекло-

пакеты с повышенными теплозащитными свойствами // Academia. Архитектура и строительство. 2017. №2. С. 106–110.

7. Lan Pan. Orientation effect on thermal and energy performance of vertical greenery systems// Energy and Buildings. 2018. Vol. 175. Pp. 102–112.

8. Prieto A., Knaack U., Auer T., Klein T. Passive cooling & climate responsive façade design: Exploring the limits of passive cooling strategies to improve the performance of commercial buildings in warm climates // Energy and Buildings. 2018. Vol. 175. Pp. 30–47.

9. Takebayashi H., Kasahara M., Tanabe Sh., Kouyama M. Analysis of Solar Radiation Shading Effects by Trees in the Open Space around Buildings // Sustainability. 2017. Vol. 9. Issue 8. doi:10.3390/su9081398.

10. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011. №8. С. 2–6.

11. Шкловер А.М., Васильев Б.Ф., Ушков Ф.В. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий. М.: Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре, 1956. 350 с.

12. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6, вып. 1–34. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат. 1989–1998.

13. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Учебник для вузов. 2-е изд., пераб. и доп. М.: Высш. Школа, 1982. 415 с.

14. Коркина Е.В., Шмаров И.А. Аналитический метод расчета рассеянной солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность при частично перекрытом небосводе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. №3(375). С. 230–236.

Информация об авторах

Коркина Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: elena.v.korkina@gmail.com. Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21.

Войтович Елена Валерьевна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: e.voitovich@mail.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

Плющенко Наталья Юрьевна, старший преподаватель. E-mail: Natasha_tgv@mail.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

Столяров Михаил Дмитриевич, студент. E-mail: m_100lyarov@mail.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

Поступила в апреле 2019 г.

© Коркина Е.В., Войтович Е.В., Плющенко Н.Ю., Столяров М.Д., 2019

¹*Korkina E.V.*, ²**Voytovich E.V.*, ²*Plyushchenko N.Yu.*, ²*Stolyarov M.D.*

¹*Research Institute of building physics of the Russian Academy of architecture and building sciences
Russia, Moscow, Lokomotivny proezd, 21*

²*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)
Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26*

**E-mail: e.voitovich@mail.ru*

HEAT ACCESS ON THE FACADE BUILDING IN THE DEVELOPMENT WHEN TAKING INTO ACCOUNT HEAT EXCHANGE BY RADIATION

Absrtact. When considering the temperature regime in urban conditions, various factors affecting the increase in air temperature are studied. However, other components can influence the temperature regime. It is interesting to consider the heating of the surfaces of the facades due to solar radiation and further heat exchange by radiation between the heated surfaces. For this, a method based on the use of the formula of A.M. Shklover, which determines the heating of the surface from solar radiation, with further calculation using the Stefan-Boltzmann formula of the amount of additional radiant heat supplied to the facade of the building from adjacent objects and determining the additional heating of the surface of the facade. The application of the

method is illustrated by an example of calculation for buildings that are sequentially located in cities with different climates: Moscow, Krasnodar and Chita. The calculation of the heating surface of the facade was carried out for a clear day in one hour. The influence of adjacent objects on the influx of solar radiation to the studied surfaces was taken into account. An increase in the heating temperature of the investigated facade is shown when taking into account the radiant heat input from the adjacent objects. The development of the proposed method can be used to study the temperature regime in urban environments.

Keywords: solar radiation, temperature, building, absorption of solar radiation, building facades, radiant heat exchange.

REFERENCES

1. Vyazankin A.S., Vyazankin S.A., Zhadin E.A., Kadygrov E.N. Analysis of the vertical temperature distribution in the atmospheric boundary layer in the suburbs and megalopolises [Analiz vertikal'nogo raspredeleniya temperatury v pogranichnom sloe atmosfery v prigorode i megapolise]. Meteorology and Hydrology. 2003. No. 7. Pp. 5–12. (rus)
2. Grigorov E.S. On the mesoclimate of the Moscow metropolis [O mezoklimate moskovskogo megapolisa]. Meteorology and Hydrology. 2004. No. 10. Pp. 36–45. (rus)
3. Kondratyev K.Ya. Global climate [Global'nyj klimat]. SPb.: Science: St. Petersburg. Separation. 1992. 356 p. (rus)
4. Chernysh N. D., Tarasenko V.N. Microclimate of a residential area as a multi-component environment of architectural and construction design [Mikroklimat selitebnoj territorii kak mnogokomponentnaya sreda arhitekturno-stroitel'nogo proektirovaniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. No. 6. Pp. 57–61.
5. Korkina E.V., Gorbarenko E.V., Gagarin V.G., Shmarov I.A. Basic ratios for calculation of irradiation of solar radiation of walls of detached buildings [Osnovnye sootnosheniya dlya rascheta obluche-niya solnechnoj radiacii sten otdel'no stoyashchih zdaniy]. Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing construction]. 2017. No. 6. Pp. 27–33. (rus)
6. Gagarin V.G., Korkina E.V., Shmarov I.A. Heat gains and heat losses through the double-glazed windows with high heat-shielding properties. Academia [Teplopostupleniya i teplopoteri cherez steklopakety s povyshennymi teplozashchitnymi svoystvami]. Architecture and construction. 2017. No. 2. Pp. 106–110. (rus)
7. Lan Pan. Orientation effect on greenery systems. Energy and Buildings. 2018. Vol. 175. Pp. 102–112.
8. Prieto A., Knaack U, Auer T, Klein T. Clients. Energy and Buildings. 2018. Vol. 175. Pp. 30–47.
9. Takebayashi H., Kasahara M., Tanabe Sh. Analysis of Solar Radiation Shading Effects in the Open Space around Buildings. Sustainability. 2017. Vol. 9. Issue 8. doi: 10.3390 / su9081398.
10. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for thermal protection and energy efficiency in the draft updated SNiP «Thermal protection of buildings» [Trebovaniya k teplozashchite i energeticheskoy effektivnosti v proekte aktualizirovannogo SNiP «Teplovaya zashchita zdaniy»]. Housing construction. 2011. No. 8. Pp. 2–6. (rus)
11. Shklover A.M., Vasiliev B.F., Ushkov F.V. Basics of building heat engineering of residential and public buildings [Osnovy stroitel'noj teplotekhniki zhilyh i obshchestvennyh zdaniy]. M: State. ed. literature on construction and architecture. 1956. 350 p. (rus)
12. Applied reference book on climate of the USSR. Series 3. Long-term data. Parts 1-6. Vol. 1-34 [Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye. CHasti 1–6, vyp. 1-34.]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat. 1989–1998. (rus)
13. Bogoslovsky V.N. Building Thermal Physics (thermal physics of heating, ventilation and air conditioning) [Stroitel'naya teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopeniya, ventilyacii i kondicionirovaniya vozduha)]. Textbook for universities. 2 nd ed., Perab. and add. M.: Higher. School. 1982. 415 p. (rus)
14. Korkina E.V., Shmarov I.A. Analytical method of calculation of the diffuse solar radiation received on a vertical surface with partially obstructed sky News of higher educational institutions [Analiticheskij metod rascheta rasseyannoj solnechnoj radiacii, postupayushchej na vertikal'nuyu poverhnost' pri chastichno perekrytom nebosvode]. Technology of the textile industry. 2018. No. 3(375). Pp. 230–236. (rus)

Information about the authors

Korkina, Elena V. PhD, Senior Researcher. E-mail: elena.v.korkina@gmail.com. Russian Academy of architecture and building sciences. Russia, 127238, Moscow, Lokomotivny proezd, 21.

Voitovich, Elena V. PhD, Associate Professor. E-mail: e.voitovich@mail.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Plyushchenko, Natalia Y. Senior lecturer. E-mail: Natasha_tgv@mail.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Stolyarov, Mikhail D. Student. E-mail: m_100lyarov@mail.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Received in April 2019

Для цитирования:

Коркина Е.В., Войтович Е.В., Плющенко Н.Ю., Столяров М.Д. Теплопоступления на фасад здания в застройке при учете теплообмена излучением // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 9. С. 46–53. DOI: [10.34031/article_5da44e83653801.83128737](https://doi.org/10.34031/article_5da44e83653801.83128737)

For citation:

Korkina E.V., Voytovich E.V., Plyushchenko N.Yu., Stolyarov M.D. Heat access on the facade building in the development when taking into account heat exchange by radiation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 9. Pp. 46–53. DOI: [10.34031/article_5da44e83653801.83128737](https://doi.org/10.34031/article_5da44e83653801.83128737)