

Расчет радиационной температуры окружающей среды городской застройки

Юрий Алексеевич СУМЕРКИН, инженер, e-mail: sumerk1n@mail.ru

ООО «МЕГАСТРОЙ», 129626 Москва, ул. 2-я Мытищинская, 2, стр. 2

Аннотация. Радиационная температура окружающей среды — один из микроклиматических показателей городских территорий. Она определяет безопасное пребывание на них людей в теплый период года. Способность искусственных покрытий аккумулировать и излучать тепловую энергию должна учитываться в принятии грамотных градостроительных решений для устранения или уменьшения дополнительной тепловой нагрузки на городскую среду. Принятию экологически безопасных градостроительных решений конкретных территорий способствует расчет радиационных температур окружающей среды. Опираясь такими «инструментами», как изменение ориентации градостроительного объекта по сторонам света, теплотехнические свойства антропогенных покрытий, их концентрации (плотность) и экспозиции, можно контролировать мощность излучения окружающих поверхностей и, соответственно, величину радиационных температур. Исследования с помощью шарового термометра подтверждают изменения радиационных температур. При этом элементарную площадку можно заменить на приведенную площадку, которая будет предельной при расчетах коэффициентов облученности необходимой точности с элементов городской застройки. Размер приведенной площадки чаще всего — однородный архитектурный элемент плоскости фасада, например размер стандартного окна или половина средней стеновой панели и т. д., что удобно для присвоения материалам приведенных площадок коэффициентов поглощения излучения и расчета или измерения температуры поверхности. Предложена методика расчета радиационной температуры, которая основана на определении коэффициентов облученности с шарового термометра на окружающие ограждения воображаемого пространства (параллелепипеда) двора с учетом их поверхностных температур.

Ключевые слова: экологическая безопасность городской среды, градостроительное решение, микроклимат городских территорий, коэффициент облученности, шаровой термометр, радиационная температура окружающей среды.

CALCULATION OF THE RADIATION TEMPERATURE OF THE URBAN DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Yuri A. SUMERKIN, e-mail: sumerk1n@mail.ru

Megastroy, Mytishchinskaya 2-ya, 2, str. 2, Moscow 129626, Russian Federation

Abstract. The radiation ambient temperature is one of the microclimatic indicators of urban areas, which determines the safe stay of people in them during the warm period of the year. The ability of artificial coatings to accumulate and radiate heat energy should be taken into account in making competent urban planning decisions to eliminate or reduce the additional heat load on the urban environment. The calculation of radiation temperatures of the environment contributes to the adoption of environmentally safe urban planning decisions of specific areas. Using such "tools" as changing the orientation of the urban object to the cardinal directions, thermal properties of anthropogenic coatings, their concentration (density), and exposure, it is possible to control the radiation power of the surrounding surfaces, and, accordingly, the value of radiation temperatures. Research with the use of the globe thermometer confirms change in the radiation temperatures. In this case, the elementary area can be replaced with the reduced site, which will be the limit when calculating the irradiance coefficients of the required accuracy from the elements of urban development. The size of the reduced site is usually a uniform architectural element of the facade plane, for example, the size of a standard window or half of the average wall panel, etc., which is convenient for assigning the materials of the above sites radiation absorption coefficients and calculating or measuring the surface temperature. A method for calculating radiation temperatures, which is based on determining the irradiance coefficients from the globe thermometer to the surrounding fences of an imaginary space (parallelepiped) of the yard, with due regard for their surface temperatures, is proposed.

Key words: ecological safety of urban environment, urban planning solution, microclimate of urban areas, irradiance coefficient, globe thermometer, radiation temperature of environment.

Введение

Как особенная пространственная структура город имеет на своей территории различные мезоклиматические условия. Это связано не только с повседневной антропогенной деятельностью (тепловое загрязнение от транспорта и промышленности), но и со спецификой городских ланд-

шафтов конкретных территорий [1] (увеличение высоты и плотности застройки способствует повышению скорости ветра согласно МГСН 4.04-94 «Многофункциональные здания и комплексы»). Застроенные и замощенные городские территории страдают от летнего «перегрева» в связи с тем, что искусственные поверхности способны более интен-

сивно отражать и генерировать тепловую энергию, чем поверхности естественного ландшафта.

Продолжающееся уплотнение городов, появление новых строительных материалов, применяемых в искусственных покрытиях, диктуют необходимость учета дополнительной тепловой нагрузки в теплый период года от излучения окружающих искусственных поверхностей на городских территориях. Летом, при ясном небе и отсутствии ветра, именно солнечная радиация и излучения окружающих поверхностей будут определять тепловой режим среды, воздействующей на человека [2]. В зависимости от силы такого воздействия определяется комфортность городской среды по показателям биоклиматологических индексов, учитывающих радиационную компоненту [3].

Для количественной оценки такого теплового воздействия необходимо обладать возможностью расчета радиационной температуры окружающей среды при различных объемно-планировочных решениях, пространственной ориентации строительных объектов и теплотехнических характеристиках применяемых покрытий. Решение этой задачи будет способствовать принятию грамотных градостроительных решений, обеспечивающих экологическую безопасность городской среды по микроклиматическим показателям.

Автором данной статьи предлагается метод расчета средней радиационной температуры окружающей среды придомовой территории с применением коэффициентов облученности с шарового термометра на окружающие плоскости городской застройки.

Радиационная температура окружающей среды

Кроме расчета радиационной температуры для конкретных условий, необходимо ее значения и/или динамику изменений подтвердить полевыми измерениями. Удобным измерительным прибором для этих целей может служить шаровой термометр, который в полевых условиях хорошо показал себя [4].

По ГОСТ Р ИСО 7243–2007 «Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра)» взаимосвязь между температурой шарового термометра и радиационной температурой окружающей среды при естественной конвекции (штиль), т. е. при $v < 0,15$ м/с, определяется как

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 |t_g - t_a|^{1/4} \times (t_g - t_a)]^{1/4} - 273, \quad (1)$$

где t_r – радиационная температура окружающей среды, °С; t_a – температура воздуха, °С; t_g – показания шарового термометра, °С.

По ISO 7726:1998 «Эргономика термальной среды. Приборы для измерения физических величин» уравнение радиационной температуры окружающей среды:

$$t_r = \sum \varphi_i t_i, \quad (2)$$

где φ_i – коэффициенты облученности с шарового термометра в сторону всех окружающих поверхностей, где по закону замкнутости лучистых потоков условие $\sum \varphi_i = 1$; t_i – температура окружающих поверхностей, °С.

Дополнительный нагрев поверхностей на солнце t_i (например, фасад, мощение) по ГОСТ Р 53615–2009, определяется формулой

$$t_i = t_a + (a_n E) / h_{\tau 0}, \quad (3)$$

где t_a – температура воздуха, °С; a_n – коэффициент поглощения лучистой энергии; E – плотность солнечного потока, Вт/м²; $h_{\tau 0}$ – коэффициент теплоотдачи поверхности, Вт/м²·°С.

Из уравнений (2), (3) видно, что расчет радиационной температуры окружающей среды t_r заключается в определении коэффициентов облученности с шарового термометра в сторону всех окружающих поверхностей $\varphi_{\text{сф-пл}}$ для расчетной i точки (стоянки), используя правила сферической геометрии и замера или расчета температуры окружающих поверхностей t_i .

Коэффициент облученности

Для определения коэффициентов облученности со сферы шарового термометра в сторону окружающих ограждений жилого двора $\varphi_{\text{сф-огр}}$ за основу взяли исследования Е. Г. Малявиной [5].

По аналогии определения коэффициентов облученности со сферы в сторону окружающих поверхностей помещения $\varphi_{\text{сф-пл}}$ были определены коэффициенты облученности со сферы в сторону окружающих ограждений двора $\varphi_{\text{сф-огр}}$, где: потолок – небо; стены – фасады домов; пол – мостовые, тротуары, газоны, площадки для отдыха и спорта.

Расчеты по определению коэффициентов облученности с шарового термометра выполнены для типового жилого двора из домов серии П-44 (мкр «Крылатское», Москва). Площадка двора имела размер 180×90×51 м (рис. 1а), для элементарных площадок размер 0,1×0,1 м в среде Microsoft Excel. В процессе расчетов для одной стоянки шарового термометра обрабатывалось 4 350 000 элементарных площадок.

Проверка правильности и точности расчетов показала равенство $\varphi_{\text{сф-огр}} = \sum \varphi_{\text{сф-пл}} = 1,000$ до третьего знака после запятой суммы всех коэффициентов облученности со сферы на все поверхности, ограждающие двор (см. табл. 1).

Проблемой этого этапа исследований стал размер элементарной площадки 0,1×0,1 м, что делало

громоздкими расчеты уличного масштаба. Однако при определении размера некоторой (далее – приведенной) площадки, которую можно было бы взять за основу при ведении расчетов городского масштаба, необходимо руководствоваться требованием, что сумма коэффициентов облученности со сферы на все поверхности должна равняться 1, т. е. $\sum \varphi_{1-n} = 1$.

Ряд вычислений в поисках размера приведенной площадки показал, что при определении коэффициентов облученности вышеприведенному условию в большей степени соответствует площадка размером $h \times b$, равная $1,5 \times 1,8$ м (далее – приведенная площадка) (рис. 2).

При вычислении суммы коэффициентов облученности с шарового термометра на ограждающие поверхности как для двора размером $180 \times 90 \times 51$ м, так и для двора размером $80 \times 80 \times 15$ м (рис. 1б) погрешность составила менее 1 % ($\sum \varphi_{сф-огр} = 0,9914$) (см. таблицу). К тому же размер $1,5 \times 1,8$ м – чаще однородный архитектурный элемент плоскости фасада, например, размер стандартного окна или половина средней стеновой панели и т. д., что удобно для присвоения материалам приведенных площадок коэффициентов поглощения излучения a_n и расчета или измерения температуры поверхности t_i по формуле (3).

Дальнейшее увеличение размеров приведенных площадок (например, до размеров средней стеновой панели $3,6 \times 3$ м) приводит к накоплению неприемлемой погрешности при вычислении суммы коэффициентов облученности $\sum \varphi_{сф-огр} = 0,871495$ (см. таблицу).

На этапе определения предельных размеров приведенной площадки можно сделать вывод, что площадка размером $1,5 \times 1,8$ м является предельной при расчетах коэффициентов облученности с элементов городской застройки. В каждом конкретном случае размер приведенной площадки должен соответствовать размерам элементов застройки, но не превышать указанный размер для соблюдения точности расчетов.

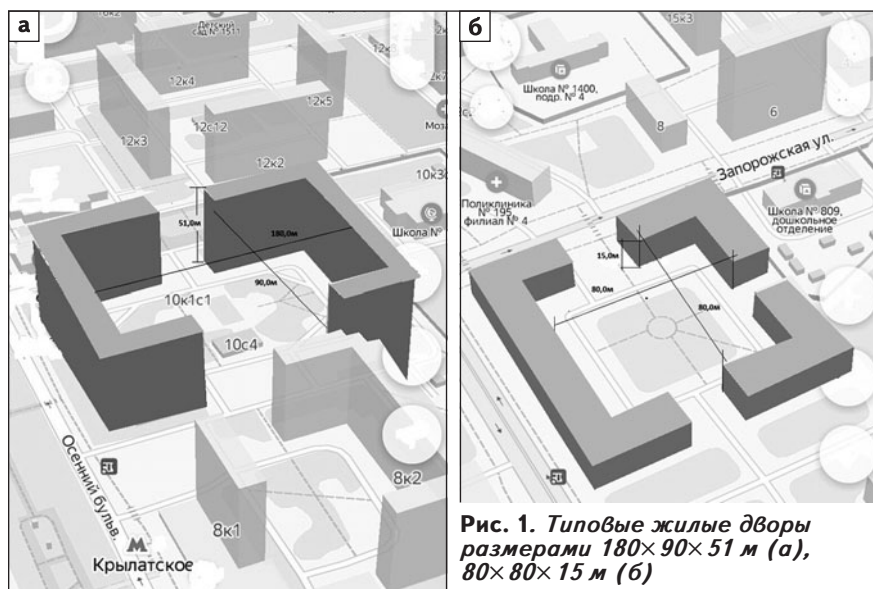


Рис. 1. Типовые жилые дворы размерами $180 \times 90 \times 51$ м (а), $80 \times 80 \times 15$ м (б)

Результаты расчетов коэффициентов облученности $\varphi_{сф-огр}$ для различных площадок

Ограждение	ЭП $0,1 \times 0,1$ м	ПП $1,5 \times 1,8$ м	ПП $3,6 \times 3$ м
Фасад:			
инсолируемый	0,256204	0,256317	0,224192
в тени	0,062515	0,062517	0,061844
левый	0,032315	0,032316	0,031981
правый	0,032315	0,032316	0,031981
Земля	0,463438	0,454187	0,367749
Небо	0,153723	0,153729	0,153746
Σ	1,00051	0,991382	0,871493

Примечание. ЭП – элементарная площадка; ПП – приведенная площадка.

Расчеты и натурные исследования

Объектом расчетов и натурных исследований стал жилой двор мкр «Новая Трехгорка» Московской обл. широтной ориентации (рис. 3). Двор образован зданиями башенного типа и многосекционными зданиями «стены». Зеленые насаждения во дворе отсутствовали [6].

Расчет радиационной температуры окружающей среды t_r и соответствующих полевых измерений с помощью шарового термометра t_g производился на высоте 1,5 м во дворе 1 размером $151,2 \times 90 \times 75$ м. Стоянки шарового термометра от инсолируемой стены дома № 42 были на расстоянии: 1,8; 7,2; 25,2; 45 м. Расчеты и перемещение шарового термометра осуществлялись по линии на расстоянии 32,4 м от правого ограждения воображаемого параллелепипеда двора (рис. 4). Границами воображаемого пространства двора (параллелепипед) бы-

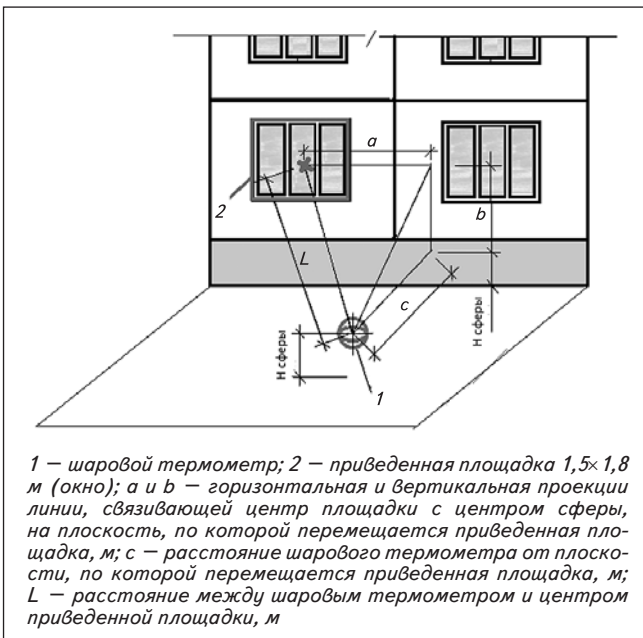


Рис. 2. Положение шарового термометра относительно приведенной площадки на поверхности фасада

ли инсолируемый фасад здания «стены» (№ 42), фасады зданий «башен» (№ 37в, 38б), торцы многосекционных зданий справа (№ 45) и слева (№ 43), поверхности земли, а также неба на высоте наиболее высокого объекта воображаемого пространства — две башни по 25 этажей высотой 75 м (см. рис. 3, 4).

Каждое из шести ограждений воображаемого параллелепипеда разбивалось на приведенные площадки. Размеры для вертикальных ограждений — 1,5×1,8 м, для горизонтальных — 1,8×1,8 м (рис. 5).

Для каждой расчетной точки (стоянки) двора при расчете коэффициентов облученности и радиационной температуры в среде Microsoft Excel обрабатывалось 21 800 приведенных площадок.

Конкретно для исследуемого пространства уравнение (2) расчета радиационной температуры окружающей среды для i стоянки будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
 t_{ri} = & \sum_1^{4200} t_{\text{пл. инсол.огр.}} \times \Phi_{\text{сф-пл.инсол.огр.}} + \\
 & + \sum_1^{4200} t_{\text{пл. теньовое огр.}} \times \Phi_{\text{сф-пл. теньовое огр.}} + \\
 & + \sum_1^{2500} t_{\text{пл. правое огр.}} \times \Phi_{\text{сф-пл.правое огр.}} + \\
 & + \sum_1^{2500} t_{\text{пл. левое огр.}} \times \Phi_{\text{сф-пл.левое огр.}} + \\
 & + \sum_1^{4200} t_{\text{пл. земля огр.}} \times \Phi_{\text{сф-пл.земля огр.}} + \\
 & + \sum_1^{4200} t_{\text{пл. небо огр.}} \times \Phi_{\text{сф-пл.небо огр.}}
 \end{aligned} \quad (4)$$

При расчете средней радиационной температуры для i точки (стоянки) приведенным площадкам присваивалась поверхностная температура, полученная в ходе полевых исследований.

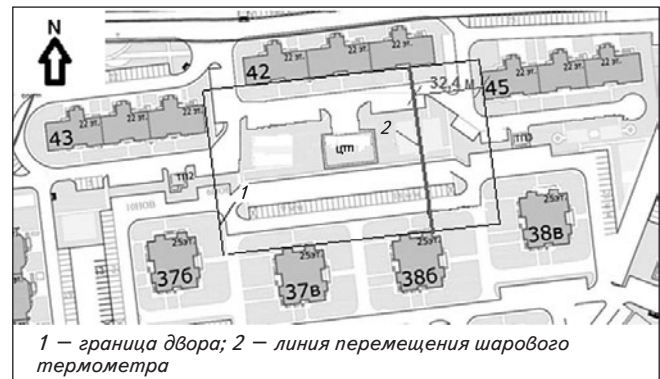


Рис. 3. Фрагмент схемы генплана микрорайона «Новая Трехгорка»

Результаты расчетов и полевых измерений радиационной температуры (27.07.2016 г. в период с 11-00 до 13-00) представлены на графике (рис. 6). Метеорологические условия в этот период времени составили:

- температура воздуха — 32,5 °С;
- влажность воздуха — 39 %;
- скорость ветра до — 1 м/с.

Разница расчетных и полевых данных в 22,1...24,3 °С объясняется солнечной составляющей, которая при расчетах радиационной температуры не учитывалась в уравнении (4), но воздействовала на шаровой термометр со следующими мощностью и радиационной температурой.

Средняя полусферическая освещенность $E = E_0^2$, где E_0 — сила света, приходящаяся на нормальную поверхность (90°) шара.

В день исследования прибором «ТКА-ПКМ» (42) была зафиксирована энергетическая освещенность в ближнем ультрафиолете, приходящаяся на перпендикулярную поверхность 25 760—26 470 мВт/м², что составляет 3 % от количества суммарной по всему спектру солнечной радиации у земной поверхности [7]. Соответственно суммарная солнечная радиация, поступающая на нормальную поверхность (90°) шара в час замеров, составляла $E_0 = 858,82... 882,35$ Вт/м².

Температура солнца:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{солнца}} &= \sqrt[4]{\frac{E \cdot 10^8}{5,67}} \text{ или} \\
 T_{\text{солнца}} &= \sqrt[4]{\frac{(858,82...882,35) \cdot 10^8}{5,67}} = \\
 &= + 295...297 \text{ K} = +22...24 \text{ } ^\circ\text{C}.
 \end{aligned}$$

Подтверждением надежности предложенной методики расчета радиационной температуры окружающей среды t_r , °С, может служить пример расчета радиационной температуры для градострои-

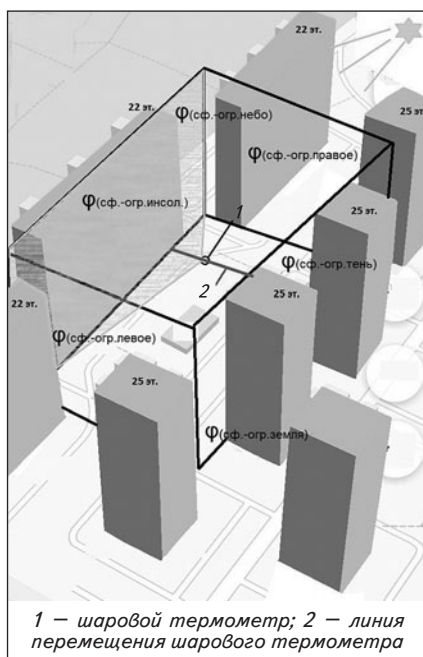


Рис. 4. Воображаемое пространство двора, параллелепипед размерами 151,2×90×75 м

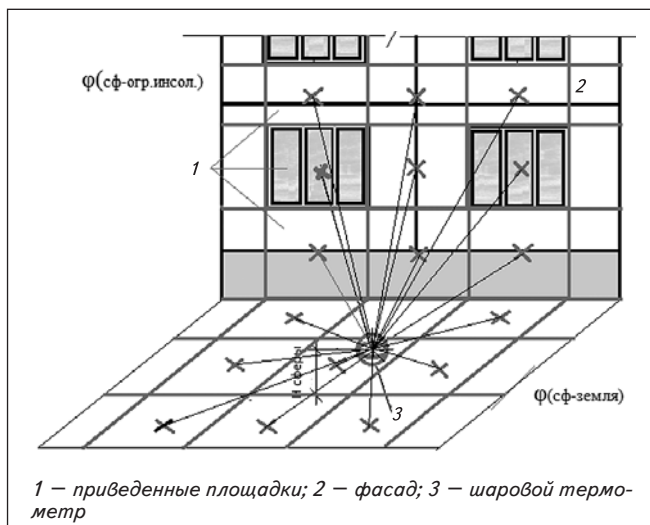


Рис. 5. Разбивка ограждений на приведенные площадки

тельных условий, предложенный М. С. Мягковым в гл. 14 «Пример мелиорации микроклимата» статьи [8] (рис. 7).

В расчете средней радиационной температуры окружающей среды в точке нахождения человека (высота 1,5 м от поверхности) М. С. Мягков предложил оперировать сегментами, в которых «видны» различные поверхности, где сумма всех сегментов составляет 360°.

Радиационная температура до мероприятий составила:

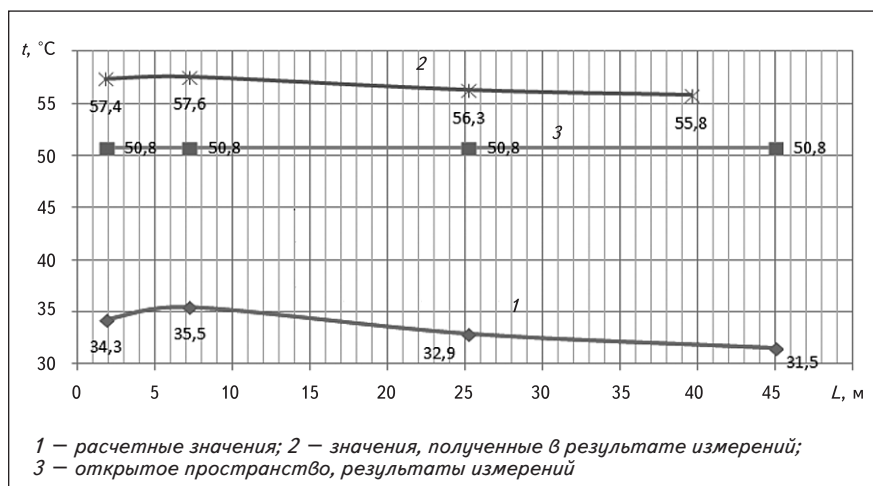


Рис. 6. График радиационной температуры (t_r , °C) окружающей среды, расчетной и полученной измерениями

$$M_{Rt} = (60 \cdot 100 + 31 \cdot 30 + 48 \cdot 20 + 32 \cdot 10 + 40,5 \cdot 135 + 41,1 \cdot 25 + 43,3 \cdot 20 + 31 \cdot 20) / 360 = 45,5 \text{ °C.}$$

После проведения мероприятий (замена материала кровли навеса, выполнение вертикального озеленения барьера слева, экранирование фасада деревьями справа) получили

$$M_{Rt} = (46,7 \cdot 100 + 31 \cdot 30 + 32 \cdot 20 + 32 \cdot 10 + 35,0 \cdot 135 + 40,5 \cdot 25 + 32,2 \cdot 20 + 31 \cdot 20) / 360 = 37,8 \text{ °C.}$$

В соответствии с предложенной выше методикой расчета радиационной температуры окружающей среды для приведенной площадки 1,5×1,8 м также были выполнены расчеты. Необходимо отметить, что верхней границей воображаемого расчетного пространства (параллелепипед) стал навес на высоте 6 м над землей. Так как высота деревьев 10 м, а здания — 26 м на ограждении «небо» появились проекции приведенных площадок с температурами поверхностей деревьев и здания соответственно (рис. 8).

Радиационная температура до мероприятий, рассчитанная по предложенной методике, составила:

$$t_{ri} = 37,5 t_{\text{сред, 1огр}} \times 0,1 \varphi_{\text{сред, 1огр}} + 48,0 t_{\text{сред, 2огр}} \times 0,01 \varphi_{\text{сред, 2огр}} + 2 \times 31,63 t_{\text{сред, торцевое огр}} \times 0,0023 \varphi_{\text{сред, торцевое огр}} + 40,0 t_{\text{сред, 4огр}} \times 0,47 \varphi_{\text{сред, 4огр}} + 52,0 t_{\text{сред, 5огр}} \times 0,42 \varphi_{\text{сред, 5огр}} = 44,5 \text{ °C.}$$

После мелиоративных мероприятий радиацион-

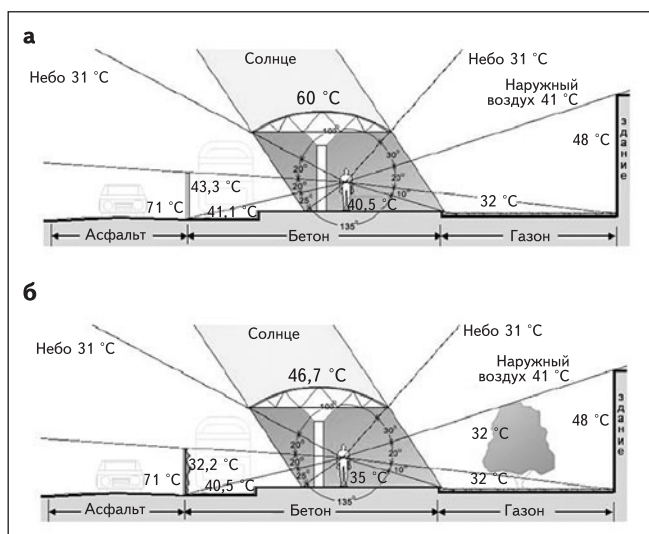


Рис. 7. Градостроительные условия: исходный вариант (а); вариант после климатомелиоративных мероприятий (б) [8]

ная температура, рассчитанная по предложенной методике, равна:

$$\begin{aligned}
 t_{ri} = & 31,6t_{\text{сред, 1огр}} \times 0,1\varphi_{\text{сред, 1огр}} + \\
 & + 32,0t_{\text{сред, 2огр}} \times 0,04\varphi_{\text{сред, 2огр}} + \\
 & + 2 \times 31,6t_{\text{сред, торцевое огр}} \times 0,0023\varphi_{\text{сред, торцевое огр}} + \\
 & + 35,4t_{\text{сред, 4огр}} \times 0,46\varphi_{\text{сред, 4огр}} + \\
 & + 41,9t_{\text{сред, 5огр}} \times 0,4\varphi_{\text{сред, 5огр}} = 37,5 \text{ } ^\circ\text{C}.
 \end{aligned}$$

Полученные результаты показали хорошую корреляцию с расчетами С. М. Мягова.

Выводы

1. Для определения тепловой нагрузки на окружающую среду городских территорий от окружающих поверхностей возможно использовать метод расчета средней радиационной температуры, основанный на применении коэффициентов облученности. При этом элементарную площадку размером 0,1×0,1 м можно заменить на приведенную площадку 1,5×1,8 м, которая

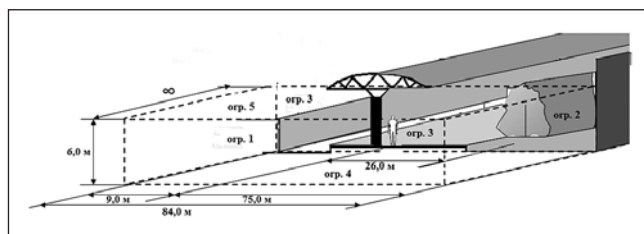


Рис. 8. Параметры расчетного пространства по градостроительной ситуации, предложенной М. С. Мяковым

является предельной при расчетах коэффициентов облученности необходимой точности с элементов городской застройки.

2. Полевые исследования с помощью шарового термометра подтверждают изменения радиационной температуры в зависимости от приближения к инсолируемому фасаду (см. рис. 6).

3. Из формул (2), (3) следует, что на радиационную температуру окружающей среды t_r можно влиять такими способами, как:

- подбор теплотехнических свойств отделочных материалов (коэффициент поглощения) окружающих поверхностей;
- ориентация вертикальных и наклонных поверхностей по сторонам света (мощность приходящей солнечной энергии на 1 м² облучаемой поверхности) и/или солнцезащитными мероприятиями;
- варьирование количеством разнообразных антропогенных поверхностей t_i и расстоянием до них (их плотностью), что учитывают коэффициенты облученности.

Соответственно, с помощью этих «инструментов» можно управлять термическим режимом двора и придомовой территории на микроклиматическом уровне.

На практике представленный метод расчета средней радиационной температуры окружающей среды позволит на стадии проектирования жилых зданий принимать наиболее экологически безопасные градостроительные решения по микроклимату придомовых территорий в теплый период года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Howard L. The climate of London, deduced from meteorological observations, made at different places in the neighborhood of the metropolis [Климат Лондона, выведенный из метеорологических наблюдений, сделанных в разных местах по соседству с метрополией], 2 vol., London, 1818-20. URL: <https://books.google.ru/books?id=7skTAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=ru#vonepage&q&f=false> (дата обращения 10.03.2020)
2. Сумеркин Ю. А., Теличенко В. И. Оценка экологической безопасности придомовых территорий жилых районов. // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 6. С. 99–103.
3. Ткачук С. В. Сравнительный анализ биоклиматических индексов для прогноза с использованием мезомасштабной модели // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2011. № 20. С. 109–118.

4. Федорович Г. В. Оценка тепловой обстановки с помощью шарового термометра // Безопасность и охрана труда. 2011. № 1. С. 68–71.
5. Малявина Е. Г., Барсукова М. А. Разработка методики расчета локальной асимметрии радиационной температуры // Научное обозрение. 2015. № 8. С. 38–41.
6. Сумеркин Ю. А. Натурное обследование жилой застройки на предмет энергетического влияния зданий на микроклиматические условия дворового пространства // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 5. С. 76–80.
7. Астахов С. П., Казурина В. Д., Орлова Ю. А. Способ определения значений энергетической освещенности земной поверхности ультрафиолетовым излучением солнца // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. 2015. Т. 14. Вып. 4. URL: <http://sgma.alpha-design.ru/mmorph/n-48-html/astahov/astahov.htm> (дата обращения: 20.09.2019).
8. Мягков М. С. Нормирование и нормативы микроклиматических условий территорий городской застройки. Реализация требований биоклиматической комфортности в проектной подготовке строительства. URL: https://marhi.ru/kafedra/techno/physics/myagkov_climat.pdf (дата обращения: 20.09.2019).

REFERENCES

1. Howard L. *The climate of London, deduced from meteorological observations, made at different places in the neighborhood of the metropolis*, 2 vol., London, 1818–20. Available at: <https://books.google.ru/books?id=7skTAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=ru#vonepage&q&f=false> (accessed 10.03.2020).
2. Sumerkin Y. A., Telichenko V. I. Assessment of ecological safety of territories adjoining residential areas. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2017, no. 6, pp. 99–103. (In Russian).
3. Tkachuk S. V. Comparative analysis of bioclimatic indexes for prediction using a mesoscale model. *Proc. of the Russian State Hydrometeorological University*, 2001, no. 20, pp. 109–118. (In Russian).
4. Fedorovich G. V. Assessment of the Thermal Situation With the help of a black glob temperature. *Bezopasnost i okhrana truda*, 2011, no. 1, pp. 68–71. (In Russian).
5. Malyavina E. G., Barsukova M. A. Development of a method of calculation of local asymmetry of radiation temperature. *Nauchnoe obozrenie*, 2015, no. 8, pp. 38–41. (In Russian).
6. Sumerkin Y. A. Field surveys of residential development on the subject of energy impact of buildings on the microclimatic conditions of courtyard space. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2017, no. 5, pp. 76–80. (In Russian).
7. Astakhov S. P., Kazarina V. D., Orlova Yu. Method for determining the values of energy illumination of the earth's surface by ultraviolet radiation of the sun. *Matematicheskaya morfologiya. Elektronnyy matematicheskiy i mediko-biologicheskiy zhurnal*, 2015, vol. 14, iss. 4. Available at: <http://sgma.alpha-design.ru/mmorph/n-48-html/astahov/astahov.htm> (accessed 20.09.2019) (In Russian).
8. Myagkov M. S. *Regulation and standards of microclimatic conditions of urban areas. Implementation of bioclimatic comfort requirements in the design preparation of construction*. Available at: https://marhi.ru/kafedra/techno/physics/myagkov_climat.pdf (accessed 20.09.2019) (In Russian).

Для цитирования: Сумеркин Ю. А. Расчет радиационной температуры окружающей среды городской застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 4. С. 34–40. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.04.34-40.

For citation: Sumerkin Y. A. Calculation of the Radiation Temperature of the Urban Development Environment. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 4, pp. 34–40. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2020.04.34-40.

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ НА ЖУРНАЛ

«ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

МОЖНО В ОТДЕЛЕНИИ СВЯЗИ ИЛИ В РЕДАКЦИИ НАЧИНАЯ С ЛЮБОГО МЕСЯЦА.

В РЕДАКЦИИ МОЖНО ПОДПИСАТЬСЯ НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА.

ИНДЕКС ЖУРНАЛА «ИПС» В КАТАЛОГЕ АГЕНТСТВА «РОСПЕЧАТЬ»

70695 («ГАЗЕТЫ. ЖУРНАЛЫ»).

ИНДЕКС В ОБЪЕДИНЕННОМ КАТАЛОГЕ «ПРЕССА РОССИИ» – **91622**.