

# Расчет радиационной температуры окружающей среды территории двора при реновации

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

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

**Аннотация.** Реновация жилищного фонда должна предоставить горожанам не только комфортное жилье, но и принципиально новую среду обитания. Одна из важнейших задач реновации — улучшение экологической обстановки городской среды. Радиационная температура окружающей среды в качестве показателя микроклимата территории двора определяет комфортные и безопасные условия для пребывания людей. Методика расчета радиационной температуры, основанная на установлении коэффициентов облученности с поверхности шарового термометра на окружающие приведенные площадки ограждений воображаемого пространства (параллелепипеда) двора с учетом их поверхностных температур, позволяет управлять тепловой нагрузкой среды. Выполнен ряд вычислений, с помощью которых сделан количественный и качественный анализ для теплого времени года изменения показателей микроклимата дворовой территории после реновации и значительного увеличения плотности застройки. Показано, что с увеличением плотности застройки возрастает тепловая нагрузка окружающей среды пространства двора. Эти значения могут создавать небезопасные условия для пребывания жителей во дворе в теплое время года. Использование светлых материалов в отделке фасадов и устройство газонов в покрытии двора способствуют значительному снижению тепловой нагрузки. Расчет радиационной температуры окружающей среды показывает, что дворы зданий башенного типа имеют меньшую тепловую нагрузку, чем дворы-колодцы.

**Ключевые слова:** реновация, экологическая безопасность городской среды, градостроительное решение, микроклимат городских территорий, радиационная температура окружающей среды.

## CALCULATION OF THE RADIATION TEMPERATURE OF THE ENVIRONMENT OF THE YARD TERRITORY DURING RENOVATION

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

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

**Abstract.** Renovation of the housing stock should provide not only comfortable housing, but a fundamentally new environment for citizens. One of the most important tasks of renovation is to improve the ecological situation of the urban environment. The radiation temperature of the environment as an indicator of the microclimate of the courtyard territory determines the comfortable and safe conditions for people to stay. The method of calculating the radiation temperature, based on the determination of the irradiance coefficients from the ball thermometer to the surrounding areas of the fences of the imaginary space (parallelepiped) of the yard, taking into account their surface temperatures, makes it possible to control the thermal load of the environment. A number of calculations were performed that makes it possible to conduct a quantitative and qualitative analysis of changes in the microclimate of the yard territory after renovation, for the warm season, with a significant increase in the density of development. It is shown that with increasing building density, the heat load of the residential yard environment increases. These values can create unsafe conditions for residents to stay in the yard during the warm season. The use of "light" materials in the decoration of facades and the arrangement of lawns in the covering of the yard can significantly reduce the heat load. Calculations of radiation temperatures of the environment show that courtyards surrounded by tower-type buildings have a lower thermal load than courtyards-wells.

**Key words:** renovation, environmental safety of urban environment, urban planning solution, microclimate of urban areas, radiation temperature of environment.

### Введение

В соответствии с постановлением правительства Москвы от 01.08.2017 г. № 497-ПП «О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве» ряд жилых районов с морально и технически устаревшими зданиями подлежат реновации. Кроме предоставления более современно-

го и комфортного жилья, ее цель согласно п. 3.2.4. — улучшение экологической обстановки городской среды.

Неотъемлемую часть экологической безопасности городской среды конкретной территории составляет ее микроклимат [1]. Вызывает интерес количественный и качественный анализ изме-

нения показателей микроклимата дворовой территории после реновации и значительного увеличения плотности застройки, например, для теплого времени года [2, 3].

В данной статье приведены результаты, полученные методом расчета радиационной температуры окружающей среды с при-

1. Условия труда по показателю ТНС-индекса, °С, для рабочих помещений с нагревающим микроклиматом независимо от периода года и открытых территорий в теплый период года (верхняя граница)

Категория работ*	Условия труда					
	допустимые*	вредные				опасные (экстремальные)
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Ia	26,4	26,6	27,4	28,6	31	31
Iб	25,8	26,1	26,9	27,9	30,3	30,3
IIa	25,1	25,5	26,2	27,3	29,9	29,9
IIб	23,9	24,2	25	26,4	29,1	29,1
III	21,8	22	23,4	25,7	27,9	27,9

\* Согласно прил. 1 СанПиН 2.2.4.548-96 «2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Примечание. 3.1...3.4 — классы условий труда.

менением коэффициентов облученности с поверхности шарового термометра на окружающие приведенные площадки ограждений территории двора (формула 1) для объекта, планируемого к реновации в Москве, с целью определения:

- количественного и качественного изменения температурного режима окружающей среды территории двора до и после реновации при одинаковых летних метеорологических условиях;
- ограждения, вносящего основной «вклад» в увеличение тепловой нагрузки окружающей среды территории двора.

Предлагается ряд рекомендаций для уменьшения тепловой нагрузки на человека от окружающих поверхностей дворового пространства после реновации.

#### Радиационная температура окружающей среды

При увеличении плотности застройки расширяются площади, в том числе вертикальных антропогенных поверхностей, ограждающих территорию двора, вследствие чего уменьшается количество поверхностей естественного ландшафта. При этом наблюдается усиление разницы в

микроклимате антропогенных и естественных ландшафтов [4].

Благодаря способности аккумулировать и излучать тепловую энергию сами покрытия антропогенных поверхностей увеличивают эту разницу в зависимости от собственных теплотехнических свойств<sup>1</sup>. Все эти факторы определяют величину радиационной температуры окружающей среды [5].

На основании определения средней радиационной температуры внутри помещения в соответствии с формулой (12) ISO 7726:1998 «Эргономика термальной среды. Приборы для измерения физических величин» и ранее проведенных автором статьи расчетов, подтвержденных полевыми исследованиями, предложено уравнение для определения средней радиационной температуры окружающей среды с применением коэффициентов облученности с поверхности шарового термометра на окружающие приведенные площадки ограждений двора [6].

Формула расчета средней радиационной температуры окру-

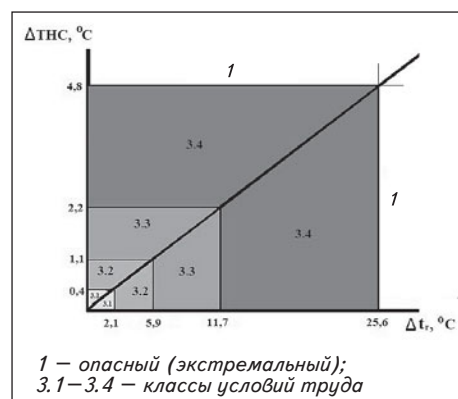


Рис. 1. График зависимости  $\Delta$ ТНС-индекса от приращения радиационной температуры окружающей среды  $\Delta t_r$

жающей среды для  $i$ -й точки двора от влияния всех шести ограждений будет иметь вид:

$$t_{ri} = \sum_{n=1}^6 \sum_{p=1}^N t_{пл} \Phi_{сф-пл}, \quad (1)$$

где  $\Phi_{сф-пл}$  — коэффициент облученности с поверхности шарового термометра в сторону приведенной площадки конкретного ограждения;  $t_{пл}$  — температура приведенной площадки, °С;  $N$  — количество приведенных площадок на ограждении.

#### Индекс тепловой нагрузки среды

Широко применяемый биоклиматический показатель определения безопасности окружающей среды открытых территорий в теплый период года — индекс тепловой нагрузки (ТНС-индекс) [7].

Так как связь радиационной температуры окружающей среды с ТНС-индексом при естественной конвекции прямая (рис. 1), то по ее значению можно говорить о качестве и степени воздействия этой среды на человека (табл. 1). Например, напряжение системы терморегуляции человека при выполнении категорий работ IIa (см. табл. 1, строка 3) соответствует физическим усилиям, сопоставимым с идущим горожанином, который несет продуктовую сумку<sup>2</sup> массой до 10 кг.

<sup>1</sup> ГОСТ Р 53615–2009 «Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Солнечное излучение и температура».

<sup>2</sup> Р 2.2.2006-05 «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда».

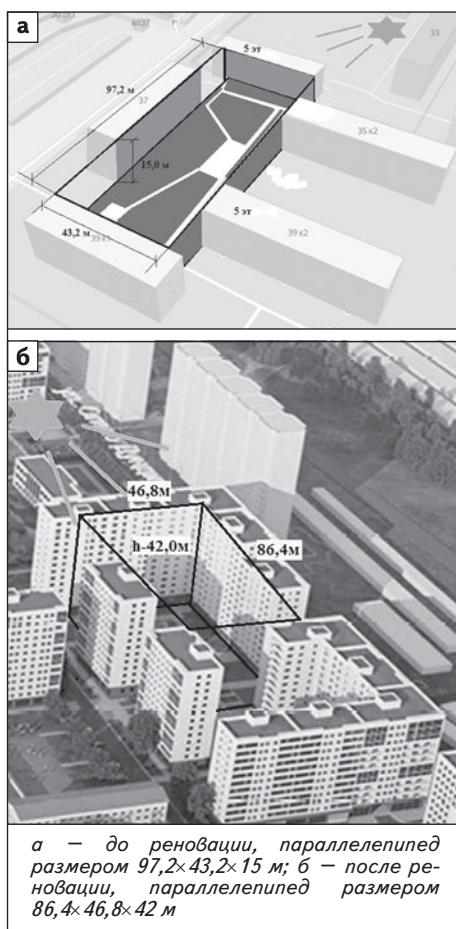


Рис. 2. Воображаемое пространство двора

### Объект исследования

Объектом исследования стала территория двора, находящаяся в зоне 3.1 планируемого размещения объекта капитального строительства в соответствии с Проектом планировки кварталов 58, 59 района Фили-Давыдково в Москве [8].

Размер двора в плане после реновации практически сохраняется (рис. 2).

Объект принят как объект широтной ориентации.

Для расчетов выбрали метеорологические условия июля месяца в полдень:

- температура воздуха — 32 °С;
- скорость ветра — до 0,15 м/с;
- ясно.

Значения поверхностной температуры различных покрытий  $t_{пл}$ , соответствующие вышепри-

### 2. Коэффициенты излучения $\epsilon$ и поверхностная температура $t_{пл}$ окружающих объектов, материалов

Покрытие	$\epsilon$	$t_{пл}$ , °С
Фасад «светлый» — крашенная в светлые тона бетонная поверхность	0,94	38
Фасад «темный»	0,96	42
Окна	0,92	
Асфальт	0,95	45
Бетонная брусчатка светлая	0,94	43
То же, темная		47
Покрытие резиновое, коричневое (площадки отдыха и спорта)		50
Газон, сухая трава	0,9	40

### 3. Пример расчета коэффициентов облученности $\varphi_{сф-огр}$ и радиационной температуры $t_r$ для одинаковых точек двора до и после реновации

Ограждение	$\varphi_{сф-огр}$	$t_r$ , °С
Фасад: инсолируемый	0,201	7,3/9,1
в тени	0,05	1,2/2,5
левый	0,023	0,7/1,7
правый	0,014	0,5/1,4
Земля	0,449	18/19,1
Небо	0,253	5,5/2,3
$\Sigma$	0,991	33,2/36,1

Примечание. В числителе дано значение  $t_r$  до реновации, в знаменателе — после реновации.

веденным метеорологическим условиям, были получены на основании полевых исследований аналогичных объектов с помощью инфракрасного пирометра (табл. 2) [9].

Температуру небосвода рассчитывали по формуле методики [10]

$$T_{\text{небосвода}} = 0,0552 T_{\text{воздуха}}^{3/2}; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} T_{\text{небосвода}} &= 0,0552 \times \\ &\times (273 + 32)_{\text{воздуха}}^{3/2} = \\ &= 294,8 \text{ К, или } 21,8 \text{ °С.} \end{aligned}$$

### Расчет радиационной температуры

Точки расчета радиационной температуры  $t_{ri}$  воображаемого пространства двора (параллеле-

пипед) определялись для характерных участков (передвижения, занятий спортом и отдыха жителей) на высоте 1,5 м от земли. Для каждого двора было рассчитано по 65 точек (рис. 3, 4).

Средняя температура приведенной площадки (рис. 5):

$$t_{\text{ср.пл}} = \frac{\sum t_i A_i}{1,5 \cdot 1,8(1,8 \cdot 1,8)}, \quad (3)$$

где  $t_i$  — температура  $i$ -й поверхности, входящей в приведенную площадку, °С;  $A_i$  — площадь  $i$ -й поверхности с  $t_i$ , м<sup>2</sup>.

Для исследуемого пространства до реновации (97,2×43,2×15 м) уравнение расчета радиационной температуры окружающей среды для  $i$ -й точки с учетом коэффициента облученности с шарового термометра в сторону

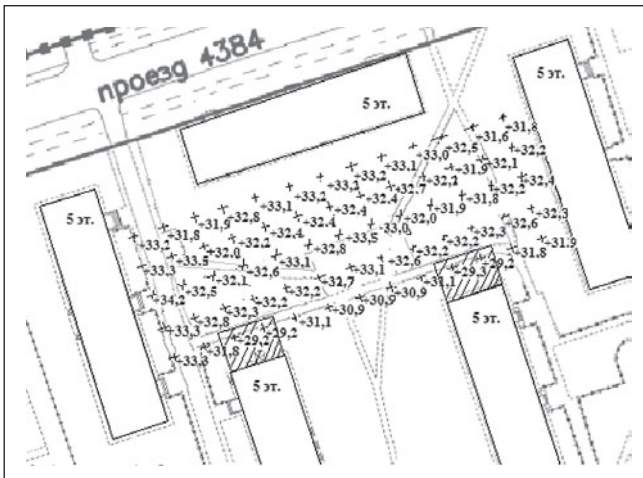


Рис. 3. Радиационная температура  $t_r$  двора до реновации

приведенных площадок будет иметь следующий вид [3]:

$$t_{ri} = \sum_1^{540} t_{\text{ср.пл инсол.огр}} \Phi_{\text{сф-пл инсол.огр}} + \quad (4)$$

$$+ \sum_1^{540} t_{\text{ср.пл теневоe огр}} \Phi_{\text{сф-пл теневоe огр}} +$$

$$+ \sum_1^{240} t_{\text{ср.пл правое огр}} \Phi_{\text{сф-пл правое огр}} +$$

$$+ \sum_1^{240} t_{\text{ср.пл левое огр}} \Phi_{\text{сф-пл левое огр}} +$$

$$+ \sum_1^{1296} t_{\text{ср.пл земля огр}} \Phi_{\text{сф-пл земля огр}} +$$

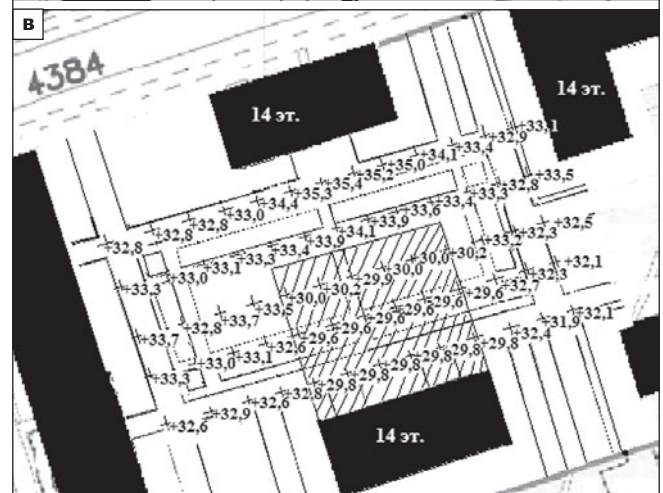
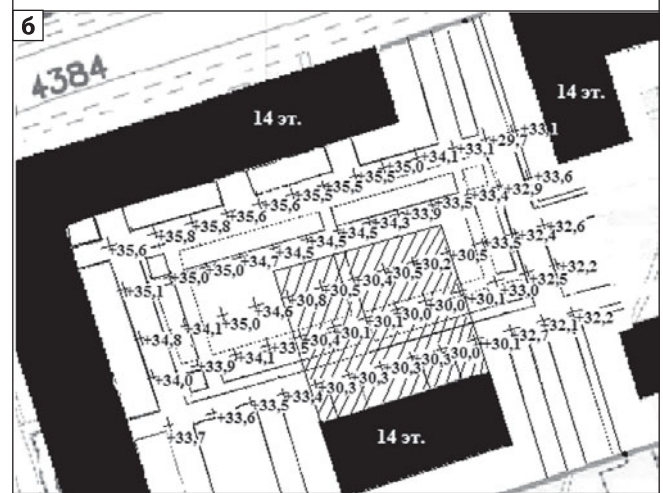
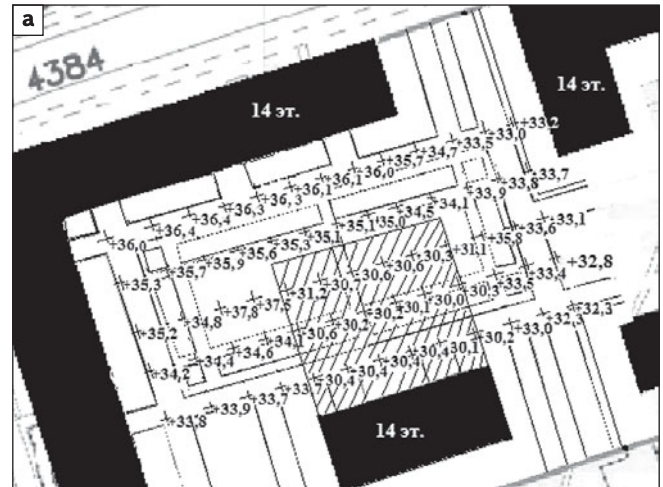
$$+ \sum_1^{1296} t_{\text{ср.пл небо огр}} \Phi_{\text{сф-пл небо огр}},$$

где  $t_{\text{ср.пл ... огр}}$  — средняя поверхностная температура приведенной площадки конкретного ограждения воображаемого пространства двора;  $\Phi_{\text{сф-пл ... огр}}$  — коэффициент облученности с поверхности шарового термометра в сторону приведенных площадок конкретного ограждения воображаемого пространства двора.

Необходимо отметить, что в расчетах не учитывалось солнечное излучение. В соответствии с полевыми данными для теплого времени года на широте Москвы в зависимости от прозрачности ясного неба солнечная составляющая представляет собой дополнительный фактор при температуре 14...25,5 °С для оценки реальной радиационной температуры окружающей среды [6, 9].

Пример изменения влияния ограждающих поверхностей на радиационную температуру окружающей среды жилого двора в связи с увеличением плотности застройки представлен в табл. 3. Необходимо отметить, что основной «вклад» в величину радиационной температуры для обоих вариантов вносит ограждение — земля, диапазон коэффициента облученности по двору составляет 0,42–0,46 независимо от высоты застройки.

Увеличение средней радиационной температуры жилого двора  $t_{\text{ср}}$  после реновации связано с уменьшением теплообмена с небосводом до 2,5 раза (как



а — вариант 1 (Москомархитектура); б — вариант 2 (максимальное озеленение газонов, замена темных материалов на светлые); в — вариант 3 (изменение объемно-планировочного решения двора)

Рис. 4. Радиационная температура  $t_r$  двора после реновации

с наиболее холодной поверхностью) и возрастанием влияния вертикальных ограждений новой застройки.

Для градостроительного решения, предложен-

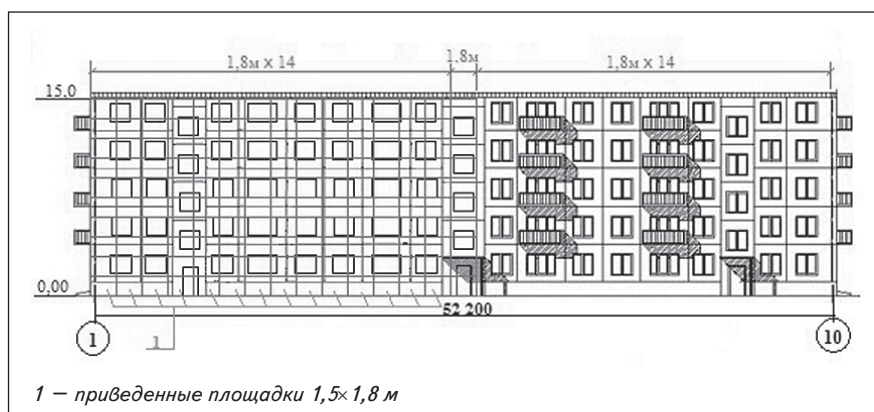


Рис. 5. Разбивка фасада дома серии I-510 (П-17) на приведенные площадки

4. Сравнение радиационной температуры для разных вариантов реновации

Реновация	Вариант 1 (Моском-архитектура)		Вариант 2 (максимальное озеленение – газон, светлый фасад)		Вариант 3 (изменение объемно-планировочного решения)	
	$t_{ср}$ , °C	$t_{max}$ , °C	$t_{ср}$ , °C	$t_{max}$ , °C	$t_{ср}$ , °C	$t_{max}$ , °C
До	32,2	34,2	32,2	34,2	32,2	34,2
После	33,5	37,8	32,9	35,8	32,3	35,4
Σ	1,3	3,6	0,7	1,6	0,1	1,2

ного Москомархитектурой (вариант 1), расчеты показали возрастание тепловой нагрузки окружающей среды жилого двора после реновации по среднему показателю радиационной температуры на 1,3 °C и по максимальному показателю – на 3,6 °C (табл. 4).

Увеличение радиационной температуры окружающей среды двора более чем на 2,1 °C от изменения градостроительного решения после реновации (например, на дорожке под инсолируемым фасадом в диапазоне 36,3...36,6 °C после реновации и в диапазоне 32,8...33,2 °C до реновации) приведет к переводу тепловой нагрузки среды (ТНС-ин-

декс) из допустимого во вредный класс 3.2, что вызовет соответствующее напряжение системы терморегуляции человека (см. рис. 1 и табл. 1).

Исходя из задачи снижения тепловой нагрузки на окружающую среду двора после реновации при неизменности объемно-планировочного решения застройки были выполнены расчеты для других материалов отделки фасадов и покрытий (вариант 2). Несколько снижено тепловое воздействие при замене темной брусчатки на светлую, то же по двум нижним этажам инсолируемого фасада, а также при замене твердого покрытия на площадках спортивных и отдыха на га-

зон (рис. 4б). Данные для сравнения приведены в табл. 4.

Максимально приблизиться к дореновационным показателям радиационной температуры удалось, изменив объемно-планировочное решение двора, а именно: на ограждении (инсолируемый фасад) разместили одну секцию 14-этажного здания с разрывами справа и слева (рис. 4б). Однако это ведет к принципиальному изменению градостроительного решения (например, застройка квартала зданиями башенного типа). Расчет радиационной температуры окружающей среды показывает, что дворы зданий башенного типа испытывают меньшую тепловую нагрузку, чем дворы-колодцы, в которых к тому же температурные поля имеют максимально устойчивый характер.

Выводы

1. С помощью авторской методики расчета радиационной температуры окружающей среды с применением коэффициентов облученности с поверхности шарового термометра на окружающие приведенные площадки огражденной территории двора определяется количественное и качественное изменение теплового режима окружающей среды двора при различных вариантах градостроительных решений.

2. При реновации кварталов 58, 59 р-на Фили-Давыдково (Москва) предложены рекомендации для сокращения тепловой нагрузки окружающей среды двора в теплый период года, касающиеся как изменения объемно-планировочных решений, так и подбора материалов покрытий и отделки поверхностей двора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мягков М. С., Губернский Ю. Д., Конова Л. И., Лицкевич В. К. Город, архитектура, человек и климат. М.: Архитектура-С, 2007. 344 с.  
 2. Оке Т. R. The urban energy balance [Городской

энергетический баланс] // Progress in Physical Geography. 1988. No. 12. Pp. 471–508. DOI: 10.1177/030913338801200401. URL: [https://www.researchgate.net/publication/275590257\\_The\\_urban\\_energy\\_balance\\_Prog\\_Phys\\_Geogr](https://www.researchgate.net/publication/275590257_The_urban_energy_balance_Prog_Phys_Geogr) (дата обращения: 10.03.2021).

3. Мягков М. С. Оценка метеорологических и микроклиматических условий в городском проектировании // Территория и планирование. 2005. № 1. С. 54–59.
4. 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 в окрестностях мегаполиса]. In 2 vol. London, 1818, 1820.  
URL: <https://books.google.ru/books?id=7skTAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=ru#vonepage&q&f=false> (дата обращения: 10.03.2021).
5. Айзенштадт Б. А. Оценка радиационного влияния различных элементов городской среды на тепловое состояние человека для градостроительства // Строительная климатология. 1987. № 6. С. 66–71.
6. Сумеркин Ю. А. Расчет радиационной температуры окружающей среды городской застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 4. С. 34–40.
7. Федорович Г. В. Оценка тепловой обстановки с помощью шарового термометра // Безопасность и охрана труда. 2011. № 1. С. 68–71.
8. Подготовка проекта планировки территории кварталов 58, 59 района Фили-Давыдково (ЗАО) в целях реализации программы реновации жилищного фонда в городе Москве / Москомархитектура. М., 2019.  
URL: [https://fili-davydkovo.mos.ru/Утверждаемая\\_часть\\_Фили-Давыдково\\_58,59%20\(3\).pdf](https://fili-davydkovo.mos.ru/Утверждаемая_часть_Фили-Давыдково_58,59%20(3).pdf) (дата обращения: 20.07.2020).
9. 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.
10. Методика расчета сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции здания с учетом покрытия «микросфера-связующее».  
URL: [http://inotek.net/metodika\\_rascheta\\_soprot](http://inotek.net/metodika_rascheta_soprot) (дата обращения: 20.07.2020).

#### REFERENCES

1. Myagkov M. S., Gubernsky Yu. D., Konova L. I., Litskevich V. K. *Gorod, arkhitektura, chelovek i klimat* [City, architecture, man and climate]. Moscow, Architektura-C Publ., 2007. 344 p. (In Russian).
2. Oke T. R. The urban energy balance. *Progress in Physical Geographym*, 1988, no. 12, pp. 471–508.  
DOI: 10.1177/030913338801200401.  
Available at: [https://www.researchgate.net/publication/275590257\\_The\\_urban\\_energy\\_balance\\_Prog\\_Phys\\_Geogr](https://www.researchgate.net/publication/275590257_The_urban_energy_balance_Prog_Phys_Geogr) (accessed 10.03.2021).
3. Myagkov M. S. Assessment of meteorological and microclimatic conditions in urban design. *Territoriya i planirovanie*, 2005, no. 1, pp. 54–59. (In Russian).
4. Howard L. *The climate of London, deduced from meteorological observations, made at different places in the neighborhood of the metropolis*. In 2 vol. London, 1818, 1820.  
Available at: <https://books.google.ru/books?id=7skTAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=ru#vonepage&q&f=false> (accessed 10.03.2021).
5. Aisenstadt B. A. Assessment of the radiation effect of various elements of the urban environment on the thermal state of a person for urban planning. *Stroitel'naya klimatologiya*, 1987, no. 6, pp. 66–71. (In Russian).
6. Sumerkin Y. A. Calculation of the radiation temperature of the urban development environment. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2020, no. 4, pp. 34–40. (In Russian).  
DOI: 10.33622/0869-7019.2020.04.34-40.
7. Fedorovich G. V. Assessment of the thermal situation with the help of a ball thermometer. *Bezopasnost i okhrana truda*, 2011, no. 1, pp. 68–71. (In Russian).
8. *Preparation of a project for planning the territory of blocks 58, 59 of the Fili-Davydkovo district (ZAO) in order to implement the housing renovation program in the city of Moscow*. Moscow, 2019.  
Available at: [https://fili-davydkovo.mos.ru/Утверждаемая\\_часть\\_Фили-Давыдково\\_58,59%20\(3\).pdf](https://fili-davydkovo.mos.ru/Утверждаемая_часть_Фили-Давыдково_58,59%20(3).pdf) (accessed 20.07.2020). (In Russian).
9. Sumerkin Yu. A. Field surveys of residential development on the subject of energy impact of buildings on microclimatic conditions of courtyard space. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2017, no. 5, pp. 76–80. (In Russian).
10. *Method of calculating the heat transfer resistance of the building envelope structure taking into account the coating "microsphere-binder"*.  
Available at: [http://inotek.net/metodika\\_rascheta\\_soprot](http://inotek.net/metodika_rascheta_soprot) (accessed 20.07.2020). (In Russian).

Для цитирования: Сумеркин Ю. А. Расчет радиационной температуры окружающей среды территории двора при реновации // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 6. С. 56–61. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.06.56-61.

For citation: Sumerkin Ya. A. Calculation of the Radiation Temperature of the Environment of the Yard Territory During Renovation. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2021, no. 6, pp. 56–61. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2021.06.56-61. ■