

Распределение локальной асимметрии результирующей температуры по помещению

Рецензия эксперта на статью получена 30.08.2021 [The expert review of the article received on August 30, 2021].

Введение

Критериям комфортности пребывания людей в помещении посвящено не очень много статей в журналах, но они касаются самых разных вопросов. Рассматриваются современные тенденции развития систем обеспечения микроклимата помещений [1]. Внимание уделяется как самим критериям, так и нормированию уровней показателей теплового микроклимата в помещениях [2]. Интересно, что для женщин и мужчин комфортны несколько разные параметры окружающей среды помещения [3]. Важным считается необходимость поддержания требуемого микроклимата при решении задач энергосбережения [4]. Вызывает интерес влияние природы охлаждающих потоков в системе его охлаждения [5] на комфортность пребывания в помещении, а также радиационных потоков в теплообмене помещения [6]. Среди этих потоков выделяются потоки солнечной радиации [7]. Влияние параметров микроклимата на производительность труда считается важным экономическим фактором [8].

Изменением №1 в [СП 50.13330.2012](#) (далее [СП 50](#)) [9] повышены нормы сопротивлений теплопередаче окон для жилых домов, гостиниц и общежитий и общественных, административных и бытовых зданий, кроме лечебно-профилактических, дошкольных образовательных и общеобразовательных организаций, интернатов, в которых нормы теплозащиты окон оставлены на более низком старом уровне. Влияние температуры внутренней поверхности окон на радиационную температуру помещения рассматривалось и раньше [10].

Известно, что нормативные требования к температуре внутреннего воздуха являются начальными условиями для разработки проектных решений, проверяемых экспертизой проектов. Могут

Такие показатели, как результирующая температура и локальная асимметрия результирующей температуры в центре помещения и на границах обслуживаемой зоны на различных высотах над полом, как правило, не проверяются

проверяться также значения температуры внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций. А такие показатели, как результирующая температура и локальная асимметрия результирующей температуры в центре помещения и на границах обслуживаемой зоны на различных высотах над полом (нормы на которые приведены в [ГОСТ 30494](#) [11]), как правило, не проверяются. Несмотря на проверку этих показателей в статье для конкретных объектов, выводы, сделанные по результатам сравнения, имеют общий характер.

Основной раздел

Целью настоящей статьи является проверка выполнения указанных норм в помещениях библиотеки с окном, сопротивление теплопередаче которого равно $0,73 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, и школьного класса, в котором окно имеет сопротивление теплопередаче $0,61 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, в городе Иркутске. Помещения относятся к одной и той же категории 2 по [ГОСТ 30494](#) [11]. При расчёте ограждающих конструкций групп зданий, указанных в табл. 3 [СП 50](#) [9] по позиции 2, температура внутреннего воздуха принимается по минимальному значению оптимальной температуры зданий, которая для принятых к рассмотрению помещений равна 19°C . Расчётная температура наиболее холодной пятидневки в Иркутске по [СП 131.13330](#) (далее [СП 131](#)) [12] составляет -33°C . Градусо-сутки ото-

УДК 628.8. Научная специальность: 05.23.03.

Распределение локальной асимметрии результирующей температуры по помещению

Е. Г. Малявина, к.т.н., профессор; **А. А. Фролова**, к.т.н., доцент; **С. С. Ландырев**, аспирант, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, [Московский государственный строительный университет](#) (НИУ МГСУ)

Локальная асимметрия результирующей температуры нормируется ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». Однако проверки выполнения этой нормы микроклимата практически не ведётся. Исследование локальной асимметрии результирующей температуры для расчётного холодного периода в Иркутске показало, что при окнах размером 34,5% от фасада помещения нормы оптимального диапазона локальной асимметрии выполняются далеко не всегда.

Ключевые слова: сопротивление теплопередаче окна, радиационная температура, результирующая температура, локальная асимметрия результирующей температуры, обслуживаемая зона помещения, шаровой термометр, расчётное исследование.

UDC 628.8. Научная специальность: 05.23.03.

Distribution the local asymmetry of the resultant temperature on the premise

E. G. Malyavina, PhD, Professor; **A. A. Frolova**, PhD, Associate Professor; **S. S. Landyrev**, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [National Research Moscow State University of Civil Engineering](#) (MGSU)

Local asymmetry of the resultant temperature is standardized by GOST 30494–2011 “Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters”. However, there is practically no verification of the fulfillment of this microclimate norm. The study of the local asymmetry of the resultant temperature for the calculated cold period in Irkutsk showed that with windows measuring 34,5% of the facade of the room, the norms of the optimal range of local asymmetry are not always fulfilled.

Key words: resistance to heat transfer of a window, radiation temperature, resultant temperature, local asymmetry of the resultant temperature, serviced area of the room, ball thermometer, computational study.

пительного периода для выбранных объектов с учётом средней температуры наружного воздуха $t_{от} = -7,6^{\circ}\text{C}$ и продолжительности $z_{от} = 233$ сут/год отопительного периода, принимаемых по [СП 131](#), составляют ГСОП = $6198^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$.

В этих расчётных условиях при сопротивлении теплопередаче наружных ограждающих конструкций, соответствующих требованиям табл. 3 [9], температура внутренней поверхности наружной стены равна $16,01^{\circ}\text{C}$, окна в библиотеке имеют температуру $10,83^{\circ}\text{C}$, в классе — $9,2^{\circ}\text{C}$. Отопительный прибор, размещённый под окном, при двухтрубной системе отопления в холодный расчётный период имеет температуру $82,5^{\circ}\text{C}$. Температуру всех остальных поверхностей, обращённых в помещение, считаем равной 19°C .

Конечно, в этой задаче важными являются размеры самих помещений и отдельных его ограждающих конструкций. Геометрия рядовых помещений промежуточных этажей для исследования была принята по реальному проекту читального зала библиотеки. Для класса принято такое же помещение, что и читальный зал, имея в виду, что в обоих помещениях высокие требования к естественному освещению, а класс может относиться не к обычной общеобразовательной школе, а, например, к школе искусств. Длина наружной стены между осями боковых перегородок равна 6 м, а глубина помещения от внутренней грани наружной стены до оси противоположной перегородки 5,4 м. Высота помещения в «чистоте» принята 3,3 м. Симметрично по ширине помещения расположено в наружной стене окно размером $3,8 \times 1,8$ м при высоте низа окна от пола 1 м.

Площадь окна составляет 34,5% от общей площади вертикального наружного ограждения помещения. Также симметрично расположен в помещениях с водяной системой отопления отопительный прибор, фронтальная проекция которого во всех случаях равна $1,6 \times 0,6$ м. Необходимо обратить внимание на то, что ширина отопительного прибора меньше ширины окна, поэтому часть окна не перекрыта отопительным прибором.

Представленная выше методика исследования применена к расчёту радиационной температуры и локальной асимметрии радиационной температуры в нескольких вариантах помещений читального зала и школьного класса. Радиационная температура является составной частью результирующей, поэтому результирующая при постоянной температуре внутреннего воздуха, равной 19°C , может быть вычислена как среднее ариф-



метическое значение температур воздуха и радиационной.

Для получения начального представления о том, в каких случаях выполняются требования [ГОСТ 30494](#) [11], были рассмотрены варианты помещений с сопротивлением теплопередаче наружной стены, отвечающей требованиям табл. 3 [9] и минимальным требованиям за счёт введения уменьшающего коэффициента к требуемому сопротивлению теплопередаче. Кроме того, рассмотрены различные варианты размеров окна. Важным оказалось рассмотрение вариантов с наличием отопительного прибора под окном (водяная система отопления) и его отсутствием (воздушная система отопления).

При проектировании важно расчётным путём оценить возможность выполнения требований норм к радиационным параметрам микроклимата помещений

Задача определения результирующей температуры и локальной асимметрии результирующей температуры решалась расчётным путём. Выполнена расчётная имитация измерения шаровым термометром радиационной и результирующей температур. С помощью формул сферической геометрии [13] определяются коэффициенты облучённости с шарового термометра с полностью зачёрнённой поверхностью на все окружающие его поверхности, что помогает определить радиационную, а следом и результирующую температуру в интересующих нас точках помещения. Если одна половина шара термометра имеет зеркальную поверхность, а другая половина поверхности шара зачёрнена, то разность двух результирующих температур в точке помещения, определённых таким шаровым термометром для двух противоположных

направлений, является локальной асимметрией результирующей температуры.

При проектировании важно расчётным путём оценить возможность выполнения требований норм к радиационным параметрам микроклимата помещений. Поэтому разработанный метод расчёта следует распространять в виде программы для персональных компьютеров.

[ГОСТ 30494](#) [11] требует измерений указанных параметров микроклимата, в том числе шаровым термометром, у которого одна половина шара имеет зеркальную поверхность, а другая — зачёрнённую поверхность. Однако не только в России, но и в Европе такие термометры приходится изготавливать кустарным способом, так как заводских изготовителей авторам статьи найти не удалось. Поэтому значимость расчётов локальной асимметрии результирующей температуры возрастает многократно.

Имитация измерений радиационной температуры шаровым термометром осуществлялась в точках, отстоящих от наружной стены и друг от друга на 0,5 м на расстояниях от пола 0,1; 0,6; 1,1 и 1,7 м, как это предписано в [ГОСТ 30494](#) [11] для сидящих и стоящих людей. В этих же точках расчётом имитировано измерение локальной асимметрии радиационной температуры шаровым термометром, одна половина которого зачёрнена, а другая имеет зеркальную поверхность. Считалось, что температура внутреннего воздуха во всех точках помещения была постоянной и равнялась 19°C .

Симметрия помещений относительно плоскости, делящей помещение на две равные половины и проходящей от наружной стены до противоположной перегородки, позволяет рассматривать интересующие нас параметры на одной половине помещения. Так как основной зоной риска (при выполнении требований к результирующей температуре и локальной асимметрии результирующей температуры)

∴ Радиационная температура и её локальная асимметрия на границе обслуживаемой зоны табл. 1

Высота над полом, м	Радиационная температура, °C						Локальная асимметрия радиационной температуры, °C					
	0,5*	1,0*	1,5*	2,0*	2,5*	3,0*	0,5*	1,0*	1,5*	2,0*	2,5*	3,0*
Читальный зал библиотеки												
Водяное отопление												
0,1	18,22	18,28	18,76	20,67	24,16	25,28	0,97	0,83	-0,13	-3,97	-10,97	-13,22
0,6	18,09	18,03	18,44	20,56	24,65	25,92	1,51	1,56	0,73	-3,51	-11,70	-14,23
1,1	17,95	17,64	17,52	18,19	19,33	19,79	1,85	2,43	2,64	1,28	-1,01	-1,92
1,7	17,86	17,33	16,79	16,74	16,88	16,95	2,10	3,12	4,17	4,25	3,97	3,82
Воздушное отопление												
0,1	17,97	17,84	17,77	17,73	17,70	17,70	1,32	1,55	1,70	1,79	1,83	1,85
0,6	17,87	17,61	17,43	17,33	17,29	17,28	1,84	2,28	2,62	2,79	2,87	2,89
1,1	17,77	17,31	16,84	16,65	16,58	16,57	2,14	3,00	3,90	4,25	4,37	4,40
1,7	17,72	17,11	16,44	16,18	16,10	16,08	2,30	3,47	4,78	5,28	5,43	5,47
Школьный класс												
Водяное отопление												
0,1	18,13	18,17	18,64	20,54	24,03	25,15	1,00	0,89	-0,05	-3,87	-10,86	-13,11
0,6	18,01	17,92	18,28	20,38	24,46	25,72	1,56	1,68	0,92	-3,29	-11,45	-13,98
1,1	17,87	17,45	17,21	17,84	18,96	19,41	1,94	2,70	3,14	1,87	-0,38	-1,28
1,7	17,76	17,09	16,37	16,25	16,37	16,44	2,22	3,51	4,92	5,13	4,89	4,75
Воздушное отопление												
0,1	17,95	17,81	17,72	17,67	17,64	17,63	1,37	1,63	1,80	1,90	1,96	1,97
0,6	17,83	17,54	17,32	17,20	17,15	17,13	1,92	2,43	2,84	3,07	3,16	3,19
1,1	17,71	17,15	16,55	16,31	16,23	16,21	2,26	3,31	4,46	4,92	5,07	5,11
1,7	17,64	16,89	16,03	15,70	15,60	15,57	2,46	3,91	5,60	6,24	6,44	6,48

* Величина расстояния от левой перегородки, м.

является граница обслуживаемой зоны напротив окна, в табл. 1 приведены значения радиационной температуры и локальной асимметрии радиационной температуры на расстоянии 0,5 м от наружной стены рядовых рассматриваемых помещений. В соответствии с [ГОСТ 30494](#) [11] для рассматриваемых помещений оптимальный диапазон результирующей температуры лежит в пределах 18–20 °C, а допустимый — 17–22 °C.

Из рассмотрения табл. 1 следует, что при учёте температуры внутреннего воздуха на уровне 19 °C наименьшее значение результирующей температуры при водяной системе отопления равно $(16,25 + 19)/2 = 17,6$ °C, а при воздушной составляет $(15,57 + 19)/2 = 17,3$ °C. То есть в приведённом примере при водяной системе отопления и увеличенном сопротивлении теплопередаче окна минимальная результирующая температура на границе обслуживаемой зоны в расчётный зимний период всего на 0,13 °C «не дотягивает» до минимального значения в оптимальном диапазоне температур, а при окне со старым сопротивлением теплопередаче она на 0,4 °C меньше этого значения. При воздушной системе отопления даже при окнах с увеличенным сопротивлением теплопередаче температура почти на 0,5 °C не достаёт до минимального

уровня оптимального диапазона, а при старых окнах — на 0,7 °C.

Что касается допустимых значений результирующей температуры, то при любом окне и при любой системе отопления минимальная результирующая температура выше минимального допустимого значения 17 °C.

Значения локальной асимметрии радиационной температуры свидетельствуют о том, что при наличии отопительного прибора под окном охлаждающее влияние окна нивелируется влиянием тёплого излучения от отопительного прибора

Табл. 1 также показывает, что и при водяном, и при воздушном отоплении радиационная, а значит и результирующая температура увеличивается от точек на высоте 1,7 м от пола к точкам на высоте 0,1 м. Объясняется это тем, что на высоте 1,7 м от пола радиационная температура в основном формируется тепловыми потоками от окна со значительно более низкой температурой внутренней поверхности, чем у наружной стены с более высокой температурой внутренней поверх-

ности, тепловыми потоками от которой радиационная температура формируется на более близких к полу уровнях.

Значения локальной асимметрии радиационной температуры свидетельствуют о том, что при наличии отопительного прибора под окном охлаждающее влияние окна нивелируется влиянием тёплого излучения от отопительного прибора. При этом в помещении с более высоким сопротивлением теплопередаче значение локальной асимметрии результирующей температуры, которое равно $\frac{1}{2}$ значения этого параметра для радиационной температуры, приведённого в табл. 1, укладывается в допустимые нормы и при водяном, и при воздушном отоплении. Что касается оптимальных норм, то в этом помещении при водяном отоплении на границе обслуживаемой зоны они выполняются, а при воздушном отоплении превышаются не более чем на 0,23 °C.

Радиационные тепловые потоки от отопительного прибора существенно увеличивают значения локальной асимметрии результирующей температуры. Знак «-» перед значением этого параметра свидетельствует о большем значении температуры со стороны отопительного прибора, чем из глубины помещения. Если на высоте 1,7 и 1,1 м влияние окна не позволяет значительно повысить результирующую температуру, то на высотах 0,6 и 0,1 м от пола её значения значительно превышают не только оптимальные (на 4,6 °C), но и допустимые (на 3,6 °C). Причём при более теплозащищённых окнах превышение значений локальной асимметрии результирующей температуры немного выше, чем при старых.

На рис. 1 представлены изолинии локальной асимметрии радиационной температуры в читальном зале с водяным отоплением с указанием её значений.

Данный рисунок указывает на быстрое снижение значений локальной асимметрии радиационной температуры по мере продвижения в глубь помещения. На рисунке хорошо просматриваются зоны влияния окна на высоте 1,7 м от пола, совместного влияния окна и отопительного прибора на высоте 1,1 м от пола и преимущественного влияния отопительного прибора на высотах 0,6 и 0,1 м от пола. Кроме того, хорошо видны зоны преимущественного влияния наружной стены вблизи поперечных перегородок в помещении, где значения локальной асимметрии радиационной температуры почти не меняются с высотой над полом.

Явно прослеживается влияние отопительного прибора, особенно напротив него на высотах 0,6 и 0,1 м от пола.

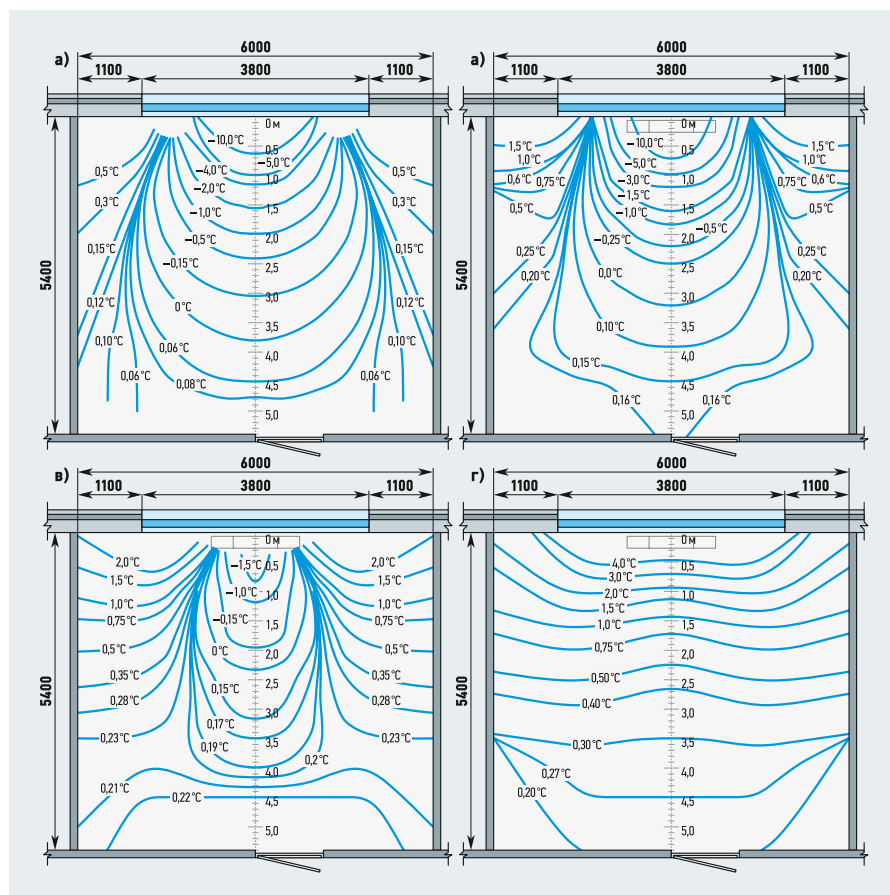


Рис. 1. Распределение асимметрии радиационной температуры по плану читального зала (на высоте от пола: а — 0,1 м, б — 0,6 м, в — 1,1 м; г — 1,7 м)

В расчётный зимний период результирующая температура в упомянутых точках на $2,5^{\circ}\text{C}$ выше максимальной температуры оптимального диапазона и на $0,5^{\circ}\text{C}$ выше максимального значения допустимого. То есть нормы результирующей температуры на высотах 0,6 и 0,1 м от пола напротив отопительных приборов превышены.

При воздушном отоплении в школьном классе оптимальные нормы локальной асимметрии результирующей температуры превышаются на $0,75^{\circ}\text{C}$. А вот допустимые нормы удовлетворены.

Влияние увеличения сопротивления теплопередаче наружной стены до норм табл. 3 СП 50 [9] $3,06 \text{ м}^2\cdot\text{C}/\text{Вт}$ и температуры внутренней поверхности стены до $17,05^{\circ}\text{C}$ при водяном отоплении незначительно сильнее проявилось в зонах с наибольшим радиационным влиянием стены, а не окна и отопительного прибора, то есть она повысилась вблизи боковых перегородок на $0,42^{\circ}\text{C}$ и ниже окна у отопительного прибора на $0,31\text{--}0,49^{\circ}\text{C}$. В зоне преимущественного влияния окна, то есть на высоте 1,7 м от пола, радиационная температура повысилась на $0,34\text{--}0,4^{\circ}\text{C}$, следовательно, результирующая будет выше на $0,17\text{--}0,2^{\circ}\text{C}$. Что касается локальной асимметрии радиационной температуры, то её максимальные значения снижаются на $0,1\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$. Большие значения этого снижения относятся к зоне преимущественного влияния наружной

стены, а меньшие — окна. При воздушном отоплении читального зала и школьного класса замена стены с сопротивлением теплопередаче по минимальным нормам на стену, отвечающую базовым требованиям теплозащиты, в приведённых условиях радиационная температура повышается, а локальная асимметрия снижается примерно на ту же величину.

Заключение

Разработанный метод расчёта радиационной температуры и локальной асимметрии радиационной температуры в различных точках помещения позволяет на стадии проектирования оценивать выполнение требований действующих норм к результирующей температуре и локальной асимметрии результирующей температуры. Показано распространение метода среди проектных организаций.

В связи с тем, что выполнение оптимальных и допустимых норм к указанным параметрам внутренней среды зависит от сопротивления теплопередаче окна, его размеров и температуры наружного воздуха в расчётный холодный период, желательно выполнить специальное исследование для выяснения ситуаций, когда требования норм не могут быть выполнены по объективным причинам.

Выполнено расчётное исследование распределения результирующей температуры и локальной асимметрии резу-

тирующей температуры по плану помещений в городе Иркутске на различных высотах от пола при доле остекления фасада 34,5%. При этом рассматривались помещения жилых и общественных зданий с окнами, для которых увеличены теплотехнические нормы сопротивления теплопередаче, и помещения лечебно-профилактических, дошкольных образовательных и общеобразовательных организаций, интернатов с окнами, требования к теплозащите которых оставлены на прежнем уровне.

Исследование показало, что для кондиционируемых помещений в расчётных наружных условиях для холодного периода года нормы оптимального диапазона результирующей температуры, при увеличенном сопротивлении теплопередаче на границе обслуживаемой зоны, выполняются только при установленной водяной системе отопления (когда имеются отопительные приборы под окнами). Однако при наличии воздушной системы отопления и при любой системе в помещениях с окнами требования к локальной асимметрии результирующей температуры на границе обслуживаемой зоны по старым нормам не выполняются.

- Бурков А.И., Ивашкин В.С. Современные тенденции развития систем обеспечения микроклимата общественных зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика, 2020. Т. 1. С. 139–144.
- Мора Р., Беан Р. Тепловой комфорт в помещении // АВОК, 2019. №6. С. 48–53.
- Олесен Б.В. Тепловой комфорт для мужчин и женщин — почувствуйте разницу // АВОК, 2016. №2. С. 28–35.
- Олесен Б.В. Параметры микроклимата при проектировании инженерных систем и оценке энергоэффективности здания // АВОК, 2015. №3. С. 16–23.
- Косонен Р., Мустакалли П., Болашиков Ж., Костов К., Коленчикова С., Меликов А. Влияние лучистых и конвективных систем охлаждения воздуха на состояние теплового комфорта в помещении // АВОК, 2014. №6. С. 60–71.
- Naboni Em., Meloni M., Coccolo S., Kämpf Jé., Scartezini J.-L. An overview of simulation tools for predicting the mean radiant temperature in an outdoor space. Energy Procedia. 2017. Vol. 122. Pp. 1111–1116.
- Середа С.Н. Влияние инсоляции на микроклимат помещения // Международные научно-исследовательский журнал, 2021. №5. С. 93–98.
- Вион Д.П., Варголки П. Влияние микроклимата помещений на производительность труда // АВОК, 2015. №7. С. 44–51.
- СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. версия СНиП 23-02-2003 (с Изм. №1). — М.: Стандартинформ, 2018.
- Колычкова А.С., Анненкова О.С. Комфортность помещений со светопрозрачными ограждающими конструкциями в зимнее время // Ползуновский альманах, 2017. №4. С. 85–88.
- ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. — М.: Стандартинформ, 2019.
- СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Актуализ. версия СНиП 23-01-99*. — М.: Стандартинформ, 2019.
- Маливина Е.Г., Барсукова М.А. Разработка методики расчёта локальной асимметрии радиационной температуры // Научное обозрение, 2015. №8. С. 38–41.

References — see page 78.

Distribution the local asymmetry of the resultant temperature on the premise. Pp. 37–41.

Elena G. Malyavina, PhD, Professor; **Anastasia A. Frolova**, PhD, Associate Professor; **Sergey S. Landyrev**, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [National Research Moscow State University of Civil Engineering](#) (MGSU)

1. A.I. Burkov, V.S. Ivashkin. *Sovremennye tendencii razvitiia sistem obespecheniya mikroklimata obshchestvennykh zdaniy* [Modern trends in the development of systems to ensure the microclimate of public buildings]. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika* ["Modern technologies in construction. Theory and practice" Magazine]. 2020. Vol. 1. Pp. 139–144. [In Russian]
2. R. Mora, R. Bean. *Teplovoj komfort v pomeshenii* [Thermal comfort in the room]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2019. No. 6. Pp. 48–53. [In Russian]
3. B.V. Olesen. *Teplovoj komfort dlja muzhchin i zhenshhin — pochuvstvuyte raznicu* [Thermal comfort for men and women — feel the difference]. AVOK [ABOK]. 2016. No. 2. Pp. 28–35. [In Russian]
4. B.V. Olesen. *Parametry mikroklimata pri proektirovanii inzhenernykh sistem i ocenke jenergoeffektivnosti zdaniya* [Parameters of microclimate in the design of engineering systems and assessment of the energy efficiency of a building]. AVOK [ABOK]. 2015. No. 3. Pp. 16–23. [In Russian]
5. R. Kosonen, P. Mustakallio, Zh. Bolashikov, K. Kostov, S. Kolencikova, A. Melikov. *Vlijanie luchistykh i konvektivnykh sistem ohlazhdeniya vozduha na sostojanie teplovogo komforta v pomeshenii* [Influence of radiant and convective air cooling systems on the state of thermal comfort in the room]. AVOK [ABOK]. 2014. No. 6. Pp. 60–71. [In Russian]
6. Em. Naboni, M. Meloni, S. Cocco, J. Kämpf, J.-L. Scartezzini. An overview of simulation tools for predicting the mean radiant temperature in an outdoor space. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 122. Pp. 1111–1116.
7. S.N. Sereda. *Vlijanie insolyacii na mikroklimat pomesheniya* [Influence of insolation on the indoor microclimate]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skij zhurnal* ["International research journal"]. 2021. No. 5. Pp. 93–98. [In Russian]
8. D.P. Vion, P. Vargokki. *Vlijanie mikroklimata pomeshenij na proizvoditel'nost' truda* [Influence of indoor microclimate on labor productivity]. AVOK [ABOK]. 2015. No. 7. Pp. 44–51. [In Russian]
9. SP 50.13330.2012 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No. 50.13330.2012]. *Teplovaya zashhita zdaniy. Aktualiz. versija SNiP 23-02-2003 (s izm. №1)* [Thermal protection of buildings. Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 23-02-2003 (with Amendment No. 1)]. Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2018. [In Russian]
10. A.S. Kolychkova, O.S. Annenkova. *Komfortnost' pomeshenij so svetoprozrachnymi ograzhdajushimi konstrukcijami v zimnee vremya* [Comfort of rooms with translucent enclosing structures in winter]. *Polzunovskij al'manah* ["Polzunov's almanac" Magazine]. 2017. No. 4. Pp. 85–88. [In Russian]
11. GOST 30494-2011 [State Industry Standard of Russia No. 30494-2011]. *Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimata v pomesheniyah* [Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters]. Moscow. Standartinform ["Standartinform" Publishers]. 2019. [In Russian]
12. SP 131.13330.2018 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No. 131.13330.2018]. *Stroitel'naja klimatologiya. Aktualiz. versija SNiP 23-01-99** [Construction climatology. Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 23-01-99*]. Moscow. Standartinform ["Standartinform" Publishers]. 2019. [In Russian]
13. E.G. Maljavina, M.A. Barsukova. *Razrabotka metodiki rascheta lokal'noj asimmetrii radiacionnoj temperatury* [Development of a method for calculating the local asymmetry of the radiation temperature]. *Nauchnoe obozrenie* ["Scientific Review" Magazine]. 2015. No. 8. Pp. 38–41. [In Russian]