

**ВЕЛИЧИНА ДОБАВКИ К ОСНОВНЫМ ТЕПЛОПОТЕРЯМ
ПОМЕЩЕНИЯ С ЧИСЛОМ НАРУЖНЫХ СТЕН БОЛЕЕ ОДНОЙ**

**ADDITIONAL VALUE TO THE MAIN HEAT LOSSES OF A PREMISE
HAVING MORE THAN ONE EXTERIOR WALLS**

Е.Г. МАЛЯВИНА, Н.П. УМНЯКОВА
E.G. MALYAVINA, N.P. UMNYAKOVA

(Национальный исследовательский "Московский инженерно-строительный университет",
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)
(National Research "Moscow State University of Civil Engineering",
Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)
E-mail: n.umnyakova@mail.ru

В проектной практике добавка к основным теплопотерям помещения с числом наружных стен более одной приравнивается к 5% от теплопотерь через все вертикальные ограждающие конструкции. В настоящее время существуют рекомендации – принимать добавку только в угловых помещениях на геометрию стены. Расчеты локальных значений радиационной температуры на границе обслуживаемой зоны показали, что необходимо увеличение средней результирующей температуры помещения с несколькими наружными стенами для доведения их значений до соответствующих в рядовом помещении. Для помещений с сопротивлением теплопередаче ограждений, отвечающим современным нормам, величина необходимой добавки может быть выше 2%, а при утеплении здания по санитарно-гигиеническим условиям – не менее 3% от теплопотерь всех вертикальных ограждений: стен и окон.

In the designing practice the additional value to the main heat losses of a room with more than one exterior wall makes 5% of the heat losses lost through all vertical enclosing structures. Actually it is recommended to accept an additive value only for the wall geometry in the corner rooms. Calculations of the radiant temperature local values at the border of the zone under service have shown, that it is necessary to increase the average resulting temperature of the room with some exterior walls to make these values equal to the appropriate ones of a typical room. For the rooms, where the enclosing structures have the resistance of the heat transfer according to the valid modern norms, the necessary additional value may be higher than 2%, and if the building has been provided with a heat insulation according to the sanitary rules – not less than 3% of the heat losses of all vertical enclosing structures: walls and windows.

Ключевые слова: дополнительные теплопотери, сопротивление теплопередаче стены, доля остекления фасада, геометрия стены, средняя радиационная температура помещения, локальная радиационная температура.

Keywords: additional heat losses, resistance of the heat loss of the wall, the façade glazing part, wall geometry, average radiant temperature of the room, local radiant temperature.

Теплопотери помещения за счет теплопередачи через наружные ограждающие конструкции являются основной частью нагрузки на систему отопления. Правила расчета теплопотерь помещения разработаны в те времена, когда сопротивления теплопередаче наружных ограждений были значительно меньше, чем требуется по современным нормам СП 50.13330.2012. Дополнительные теплопотери на наличие в помещении более одной наружной стены до 1975 г. ни в нормативной, ни в учебной литературе не рассматривались. В СНиП 2.04.05–86 в обязательном приложении появилось требование введения добавки в размере 5% к теплопотерям всех вертикальных наружных ограждений в таком случае. В учебной литературе, начиная, по крайней мере, с 1979 г., такими уважаемыми авторами, как В.Н. Богословский, В.П. Щеглов, Н.Н. Разумов [1], А.Н. Сканави [2], добавка на угол вводилась для учета понижения радиационной температуры помещения. В [3] добавка в размере 5% на каждое вертикальное ограждение при наличии двух и более наружных стен в помещении вводится без указания причин. Однако то, что добавка распространяется не только на стены углового помещения, но и на окна и двери, расположенные в этих стенах, свидетельствует о том, что причина кроется не только в учете геометрии стены. В то же время уже в 1-м издании [4] изучалось влияние неоднородности, формируемой углом наружной стены. Начиная со СНиП 41-01–2003, методика расчета теплопотерь помещения не нормировалась, хотя расчету теплопотерь в России и за рубежом [5... 8] придается большое значение.

В СП 230.1325800.2015 для угла рассматриваются удельные потери теплоты как через чисто геометрический элемент, то есть учитывается влияние на удельные потери теплоты только искажения геометрии стены в зоне угла. Применение СП 230.1325800.2015 в расчетах теплопотерь отдельных помещений [9], [10] показало, что добавка к теплопотерям на искажение геометрии стены в зоне угла, отнесенная к площади наружных стен одного помещения, может достигать до гораздо большей

величины, чем 10%. Но относится эта добавка только к стенам, образующим угол, на окна и наружные двери она не распространяется. Величина этой добавки в виде доли от теплопотерь гладких ограждающих конструкций, примыкающих друг к другу, в СП 230.1325800.2015 дифференцирована в зависимости только от конструкции ограждений. Чем больше размеры помещения, тем на большую площадь добавка распределяется.

Приблизительно диапазон значений добавки по отношению к площади всех вертикальных наружных ограждающих конструкций можно оценить по примеру расчета для помещения 3×3 м высотой 3,3 м с окном в одной наружной стене. В зависимости от конструкции стены при площади окна, составляющей 18% от фасада, добавка примет значения от 2,9 до 12,7%, а при площади окон 80% от фасада в двух наружных стенах эта добавка составит от 13 до 21,4% от основных теплопотерь через стены. Если пересчитать добавки к теплопотерям через все вертикальные ограждающие конструкции (стены и окна), то при нормативных для общественных помещений по табл. 3 СП 50.13330.2012 сопротивлениях теплопередаче стен и окон в Москве они примут значения соответственно от 1,95 до 8,5% при площади окна в одной стене 18% от фасада и от 0,56 до 2,8% при 80% от фасада. Таким образом, вопрос об учете именно геометрической составляющей добавки с выходом СП 230.1325800.2015 решен, и она рассчитывается в зависимости от конструкции стены и ее площади.

Целью предлагаемой работы являлось выяснение по данным количественной оценки необходимости введения добавки к теплопотерям для учета энергозатрат, требующихся для поддержания заданной результирующей температуры помещения при наличии в нем двух и более наружных ограждающих конструкций и окон или витражей различной площади. Определялись теплопотери помещений одинаковой конфигурации, но с разным числом наружных ограждающих конструкций. В помещении с несколькими наружными ограждениями формируется пониженная радиационная

температура, и, следовательно, для поддержания заданной результирующей температуры необходима более высокая температура воздуха. В то же время ясно, что чем ниже радиационная температура помещения, тем ниже теплопотери.

Была использована программа расчета стационарного теплового режима помещения на РС [11], [12]. Расчет заключается в решении системы уравнений тепловых балансов внутренних поверхностей всех ограждений помещения при известных геометрических размерах помещения, сопротивлениях теплопередаче наружных и внутренних ограждений, температуре наружного воздуха. Считается, что все соседние помещения имеют такую же температурную обстановку, как и в рассматриваемом помещении. Неизвестными являются значения температуры каждой поверхности, обращенной в помещение, и одинаковая по объему помещения температура воздуха. Радиационная температура помещения t_R считалась, как средневзвешенная по площадям поверхностей, обращенных в помещение в соответствии с ГОСТом 30494–2011. Во всех вариантах расчета поддерживалась результирующая температура помещения, равная 20°C (с точностью до 0,001°C).

Сравнивались теплопотери в угловом и рядовом помещении с одинаковыми площадями наружных стен и окон (фактор изменения геометрии стены при этом никак не учитывался). Угловые помещения приняты в трех размерах: вариант 1: 3×3 м, вариант 2: 6×3 м, вариант 3: 6×6 м. При этом рядовые помещения имели наружную стену длиной, равной длине двух наружных стен, составляющих угол в угловых. Глубина рядового помещения рассматривалась тоже в двух вариантах. В варианте а) она сохранялась, и размеры рядовых помещений составляли: 6×3 м, 9×3 м, 12×6. В варианте б) глубина помещений принималась такой, чтобы соотношение ширины и глубины помещения оставалось одинаковым с угловым помещением, таким образом, размеры помещения составляли: 6×6 м, 9×4,5 м, 12×12 м. Высота всех помещений в чистоте принята 3,0 м.

Окна угловых помещений располагались в одной наружной стене. Сопротивление теплопередаче стен и окон (так как рассматривались только помещения промежуточных этажей) принималось в трех вариантах: 1: базовые требования к теплозащите – по табл. 3 СП 50.13330.2012 [1] "Тепловая защита зданий"; 2: минимально нормируемые – с уменьшенным сопротивлением теплопередаче стен по отношению к варианту 1 путем введения коэффициентов 0,63 для стен и 0,95 для окон; 3: санитарно-гигиенические требования для стен и окон. При этом следует отметить, что сопротивление теплопередаче окон в варианте 3 принималось равным требуемому по варианту 1.

Расчеты стационарного теплового режима помещений осуществлялись для жилых помещений в двух городах: Краснодаре и Томске (расчетная температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 соответственно равна -14 и -39°C). Сопротивления теплопередаче стен для Краснодара соответственно номерам вариантов утепления равны: 2,28, 1,44, 0,98 м²°C/Вт; для Тюмени: 3,68, 2,32, 1,695 м²°C/Вт. Сопротивления теплопередаче окон для Краснодара соответственно номерам вариантов равны: 0,34, 0,32, 0,34 м²°C/Вт; для Тюмени: 0,63, 0,59, 0,63 м²°C/Вт.

Основные результаты расчета приведены в табл. 1. Сравнение теплопотерь для угловых и рядовых помещений с одинаковыми по площади поверхности наружных ограждающих конструкций и сопротивлениями теплопередаче показывает, что при остеклении фасада 18% они практически равны друг другу, а при остеклении 80% теплопотери угловых помещений больше на величину, не превышающую 1,2% вне зависимости от варианта утепления стен. Таким образом, если говорить о поддержании одинаковых средних по помещению значениях результирующей температуры в угловых и рядовых помещениях, то никаких добавок к теплопотерям за счет снижения радиационной температуры помещения практически не требуется.

Таблица 1

Город	Вариант размера помещения	Доля остекления фасада, %	Размеры помещения, м×м	Вариант теплозащиты помещения	Теплопотери помещения, Вт	Значения температуры в помещении, °С				
						воздуха	радиационной	внутренней поверхности наружной стены 1	внутренней поверхности наружной стены 2	внутренней поверхности окна
Краснодар	1	18	3×3	1	399,0	21,46	18,54	17,79	17,61	8,13
	1a)		6×3		399,8	20,98	19,02	17,86	8,05	
	1б)		6×6		398,1	20,67	19,33	17,79	7,89	
	2		6×3		665,2	21,45	18,55	17,86	17,45	8,04
	2a)		9×3		667,0	21,12	18,88	17,87	8,03	
	2б)		9×4,5		665,0	20,91	19,09	17,83	7,93	
	3		6×6		793,4	21,16	18,84	17,75	17,55	7,86
	3a)		12×6		795,5	20,75	19,25	17,79	7,84	
	3б)		12×12		792,9	20,49	19,51	17,72	7,73	
	1	80	3×3	1	877,9	22,62	17,38	18,10	17,41	8,50
	1a)		6×3		872,5	21,74	18,26	18,06	8,25	
	1б)		6×6		864,9	21,18	18,82	17,92	8,03	
	2		6×3		1624,7	22,84	17,16	18,25	17,29	8,53
	2a)		9×3		1615,7	22,16	17,84	18,17	8,34	
	2б)		9×4,5		1604,8	21,76	18,24	18,07	8,18	
	3		6×6		1734,9	22,06	17,94	18,20	17,58	8,21
	3a)		12×6		1725,5	21,31	18,68	17,94	8,00	
	3б)		12×12		1712,7	20,85	19,15	17,81	7,82	
	1	80	3×3	2	1017,4	22,95	17,05	17,04	17,44	7,86
	1a)		6×3		1013,1	21,96	18,04	17,03	7,63	
	1б)		6×6		1003,3	21,33	18,67	16,84	7,36	
	1	80	3×3	3	1087,5	23,12	16,88	15,68	15,26	8,53
	1a)		6×3		1086,9	22,09	17,91	15,72	8,36	
	1б)		6×6		1076,2	21,42	18,58	15,51	8,11	
Тюмень	1	18	3×3	1	409,9	21,50	18,50	17,62	17,46	8,74
	1a)		6×3		410,4	21,01	18,99	17,70	8,66	
	1б)		6×6		409,5	20,69	19,31	17,63	8,47	
	1	80	3×3	1	844,6	22,56	17,44	17,91	17,27	9,15
	1a)		6×3		842,4	21,70	18,30	17,89	8,88	
	1б)		6×6		838,4	21,16	18,84	17,76	8,63	

Однако радиационная температура по площади и объему помещения неодинакова. Следует проверить: а не имели ли в виду ведущие ученые требование поддержания равных с рядовыми помещениями локальных значений результирующей температуры во всем обслуживаемом объеме помещения. Для такой проверки были выполнены расчеты радиационной температуры (температура воздуха считалась одинаковой по всему объему помещения) в местах, указанных ГОСТом 30494–2011 для измерения: "...в центре плоскостей, отстоящих от внутренней поверхности наружной стены и отопительного прибора на 0,5 м..." на высоте 0,6, 1,1 и 1,7 м от поверхности пола. Наиболее критичным является высота 1,1 м, так как на

этой высоте в большей степени сказывается влияние окон. Расчеты были выполнены для помещений 3×3 м с окном в одной наружной стене. Контрольной считалась точка посередине ширины наружной стены без окна в угловом помещении и соответствующей внутренней стены в рядовом. В эту точку был виртуально помещен шаровой термометр диаметром 150 мм (в соответствии с требованием ГОСТа 30494–2011).

Расчеты показали, что для сохранения одинаковой радиационной температуры в указанной точке в рядовом и угловом помещениях с сопротивлениями теплопередаче ограждающих конструкций, отвечающими современным нормам, результирующая температура углового помещения должна

быть увеличена до 20,5°C при окне с площадью 18% от фасада, что составляет 1,4% от теплопотерь вертикальных ограждений, и до 20,7°C при окне с площадью 80% от фасада, что составляет 2,2% от теплопотерь вертикальных ограждений. Если же сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций приняты по санитарно-гигиеническим условиям, то при окнах с площадью 80% от фасада требуемая результирующая температура должна быть 21°C, а добавка составит 3,2% от теплопотерь вертикальных ограждений.

ВЫВОДЫ

Добавка к теплопотерям помещений, имеющих более одной наружной стены, должна учитывать не только геометрическую составляющую угла, образованного наружными стенами, но и необходимость поддержания в помещении с двумя и более наружными стенами повышенной результирующей температуры. У помещений с сопротивлением теплопередаче ограждений, отвечающим современным нормам, величина добавки может быть выше 2%, а при утеплении здания по санитарно-гигиеническим условиям – не менее 3% от теплопотерь всех вертикальных ограждений помещения с числом наружных стен более одной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляция. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980.
2. Сканави А.Н. Конструирование и расчет систем водяного и воздушного отопления зданий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1983.
3. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление. – М.: Изд-во АСВ, 2002.
4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). – М.: Высшая школа, 1970.
5. Viholo Ja., Sorri Ja., Heljo Ju., Kero P. Heat Loss Rate of the Finnish Building Stock // *Procedia Economics and Finance*. – Vol. 21, 2015. P. 601...608.
6. Gerson H.S., Mendes N., Philippi P.C. A building corner model for hygrothermal performance and mould growth risk analyses // *International Journal of Heat and Mass Transfe*. – Vol. 52, № 21–22, 2009. P.4862...4872.

7. Tang D., Saluja G.S. Analytic analysis of heat loss from corners of buildings // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – Vol. 41, № 4, 1998. P.681...689.

8. Dilmac S., Guner A., Senkal F., Kartal S. Simple method for calculation of heat loss through floor/beam-wall intersections according to ISO 9164 // *Energy Conversion and Management*. – Vol. 48, № 3, 2007. P. 826...835.

9. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. Учет теплопроводных включений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016. №2(978). С. 57...61.

10. Неклюдов А.Ю. Расчет характеристик энергопотребления здания при определении трансмиссионных тепловых потерь // *Жилищное строительство*. – 2016. № 7. С. 11...14.

11. Малявина Е.Г., Барсукова М.М. Разработка методики расчета локальной асимметрии радиационной температуры // *Научное обозрение*. – 2015, №8. С.38...41.

12. Малявина Е.Г., Барсукова М.М. Сравнение расчетных показателей локальной асимметрии радиационной температуры в помещениях // *Научное обозрение*. – 2015, №16. С.84...89.

REFERENCES

1. Bogoslovskij V.N., Shheglov V.P., Razumov N.N. Otoplenie i ventiljacija. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Strojizdat, 1980.
2. Skanavi A.N. Konstruirovanie i raschet sistem vodjanogo i vozdušnogo otoplenija zdanij. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Strojizdat, 1983.
3. Skanavi A.N., Mahov L.M. Otoplenie. – M.: Izd-vo ASV, 2002.
4. Bogoslovskij V.N. Stroitel'naja teplofizika (teplofizicheskie osnovy otoplenija, ventiljacji i kondicionirovanija vozduha). – M.: Vysshaja shkola, 1970.
5. Viholo Ja., Sorri Ja., Heljo Ju., Kero P. Heat Loss Rate of the Finnish Building Stock // *Procedia Economics and Finance*. – Vol. 21, 2015. P. 601...608.
6. Gerson H.S., Mendes N., Philippi P.C. A building corner model for hygrothermal performance and mould growth risk analyses // *International Journal of Heat and Mass Transfe*. – Vol. 52, № 21–22, 2009. P.4862...4872.
7. Tang D., Saluja G.S. Analytic analysis of heat loss from corners of buildings // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – Vol. 41, № 4, 1998. P.681...689.
8. Dilmac S., Guner A., Senkal F., Kartal S. Simple method for calculation of heat loss through floor/beam-wall intersections according to ISO 9164 // *Energy Conversion and Management*. – Vol. 48, № 3, 2007. P. 826...835.
9. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Necljudov A.Ju. Uchet teploprovodnyh vkljuchenij pri opredelenii teplovoj nagruzki na sistemu otoplenija zdanija // BST: Bjul'eten' stroitel'noj tehnik. – 2016. №2(978). S.57...61.

10. Nekljudov A.Ju. Raschet harakteristik jener-gopotreblenija zdaniija pri opredelenii transmissionnyh teplovyh poter' // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2016. № 7. S. 11...14.

11. Maljavina E.G., Barsukova M.M. Razrabotka metodiki rascheta lokal'noj asimmetrii radiacionnoj temperatury // Nauchnoe obozrenie. – 2015, №8. S.38...41.

12. Maljavina E.G., Barsukova M.M. Sravnenie raschetnyh pokazatelej lokal'noj asimmetrii radiacionnoj temperatury v pomeshhenijah // Nauchnoe obozrenie. – 2015, №16. S.84...89.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 05.04.17.
