

Методика оценки энергозатрат на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха

К.А. Миндров

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им .Н.П. Огарева», г. Саранск

Аннотация: Статья посвящена исследованию тепловых потерь при нагревании инфильтрующегося воздуха, поступающего через существующие неплотности, щели в дверных проёмах стен, ворот, и оконных переплетах. Рассматриваются различные методы для определения тепловых потерь через ограждающие конструкции. По итогам тепловизионного обследования выработана методика определения тепловых потерь на нагревание инфильтрующегося воздуха через существующие неплотности.

Ключевые слова: расход воздуха, инфильтрация, тепловые потери, неплотности, ограждающие конструкции, воздухопроницаемость, микроклимат.

При долгосрочной эксплуатации зданий неплотности различного характера в оконных переплётах, дверных проёмах увеличиваются. При несвоевременной или недостаточно качественной эксплуатации ограждающих конструкций, фактические потери тепла на нагревание инфильтрующегося воздуха через образующиеся щели, превышают нормативные показатели [1].

На снижение тепловых потерь большое значение оказывает качественно выполненные работы по монтажу и регулировке оконных переплетов и входных дверей, а также установка упругих уплотняющих прокладок, и прочих герметизирующих материалов [2]. В местах стыка стекол и переплета необходимо выполнять периодическую герметизацию, проверять щели между подоконными досками и стеной, и своевременно их устранять. При качественном монтаже, срок службы уплотняющих прокладок составляет 5 - 7 лет [3].

Качественная регулировка и герметизация оконных и дверных проёмов, стыковых панелей позволит также снизить загрязнение стекол в межстекольном пространстве, запотевание и появление конденсата,

превышение шумового фона, и несколько повысить температуру на них. Таким образом за счет уплотнения щелей и неплотностей, кроме снижения тепловых потерь на 20%, обеспечиваются комфортные условия внутри помещений.

Поступление наружного воздуха в помещение зависит от разности давлений наружного и внутреннего воздуха. Контролируемой составляющей инфильтрации воздуха в помещениях могут служить используемые в здании приточные установки. Современные оконные переплеты при качественно выполненном монтаже достаточно герметичны и могут эффективно препятствовать поступлению воздуха в помещения, что влияет на снижение комфортности проживания, качества воздуха, превышение влажности, образование плесени. Таким образом для повышения долговечности зданий важной задачей является нормирование инфильтрации воздуха по помещениям. Решение данной задачи может быть выполнено за счет внедрения, например, приточных клапанов, обеспечивающих контролируемый приток наружного воздуха.

Неконтролируемая инфильтрация возникает с течением времени при устаревании прокладок, снижении их упругих свойств, и соответственно увеличении воздухопроницаемости. При неплотностях различного вида, таких как щели в воротах гаражей, подсобных помещений, столовых, или через оконные проёмы в зданиях, потери тепла необходимо компенсировать. Потери тепловой энергии из-за неконтролируемой инфильтрации могут достигать 20%, особенно на нижних этажах [4, 5].

Положительным эффектом инфильтрации наружного воздуха является приток свежего воздуха в помещение, однако в отопительный период увеличивается нагрузка на систему теплоснабжения, а в межотопительный на систему охлаждения [6].

Величина инфильтрации зависит от множества параметров, приведём

основные из них:

- плотность наружного и внутреннего воздуха;
- расположение приточных и вытяжных щелей;
- площадь щелей;
- скорость и направление ветра;
- площадь ограждающей конструкции здания и его высота;
- количество окон, дверей, ворот.

Один из применяемых методов определения инфильтрации является метод приведённых величин. В соответствии с данным методом применяемое значение характеризует ограждающую конструкцию относительно воздухопроницаемости, и зависит от площади щели, параметров ограждающей конструкции и расстояния от пола до центра щели [7, 8].

Методика оценки энергетических затрат на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха позволяет выполнить качественный анализ, и обладает высокой точностью по сравнению с другими [9]. Для получения качественных и количественных оценок необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- определение точек ограждающей конструкции для проникновения наружного воздуха через ограждающую конструкцию с помощью тепловизионного обследования;
 - определение размера строительной конструкции;
 - определение расхода воздуха через приточные и вытяжные щели на основе данных полученных с термограммы;
 - определение плотности воздуха для фактической температуры наружного воздуха;
 - определение площади щелей в целом, а также по отношению к площади оконного проёма;
 - определение потерь тепловой энергии в исследуемых зданиях.
-

Анализ производится на основании усредненных значений, полученных при проведении нескольких опытов и, при необходимости, проводятся повторные тепловизионные измерения.

Оценка результатов тепловизионных исследований выполняется в соответствии с требованиями методики и требует наличие определенной квалификации. Поэтому данные исследования должны выполняться высококвалифицированными сотрудниками специализированных организаций, на стадии строительства и сдачи строительного объекта в эксплуатацию.

По результатам исследования термограмм определяются основные зоны с наличием низких температур на поверхности оконного проёма. При получении термограмм также необходимо соблюдать условие отсутствия влияния отопительных приборов, за счет ограждения последних теплоотражающими экранами. Для выполнения качественных снимков, расстояние от места съёмки до исследуемого объекта должно быть не менее одного метра.

На термограммах представлены наиболее распространённые виды окон в корпусах и общежитиях университета. Показанные оконные переплеты располагаются на разных этажах зданий. Средняя площадь исследуемых неплотностей в оконных проёмах составила не менее 1,53%, от площади оконного переплёта [10].

Исследования выполнялись на ограждающих конструкциях зданий учебных корпусов №16, 23 и общежития №5 МГУ им. Н.П. Огарева. Данная методика опробована также и на других типах зданий университета, таких как например студенческая столовая, а также спортивный зал, бассейн и физкультурно-оздоровительный комплекс.

Термограммы по результатам тепловизионного обследования выборочно представлены на рис. 1.

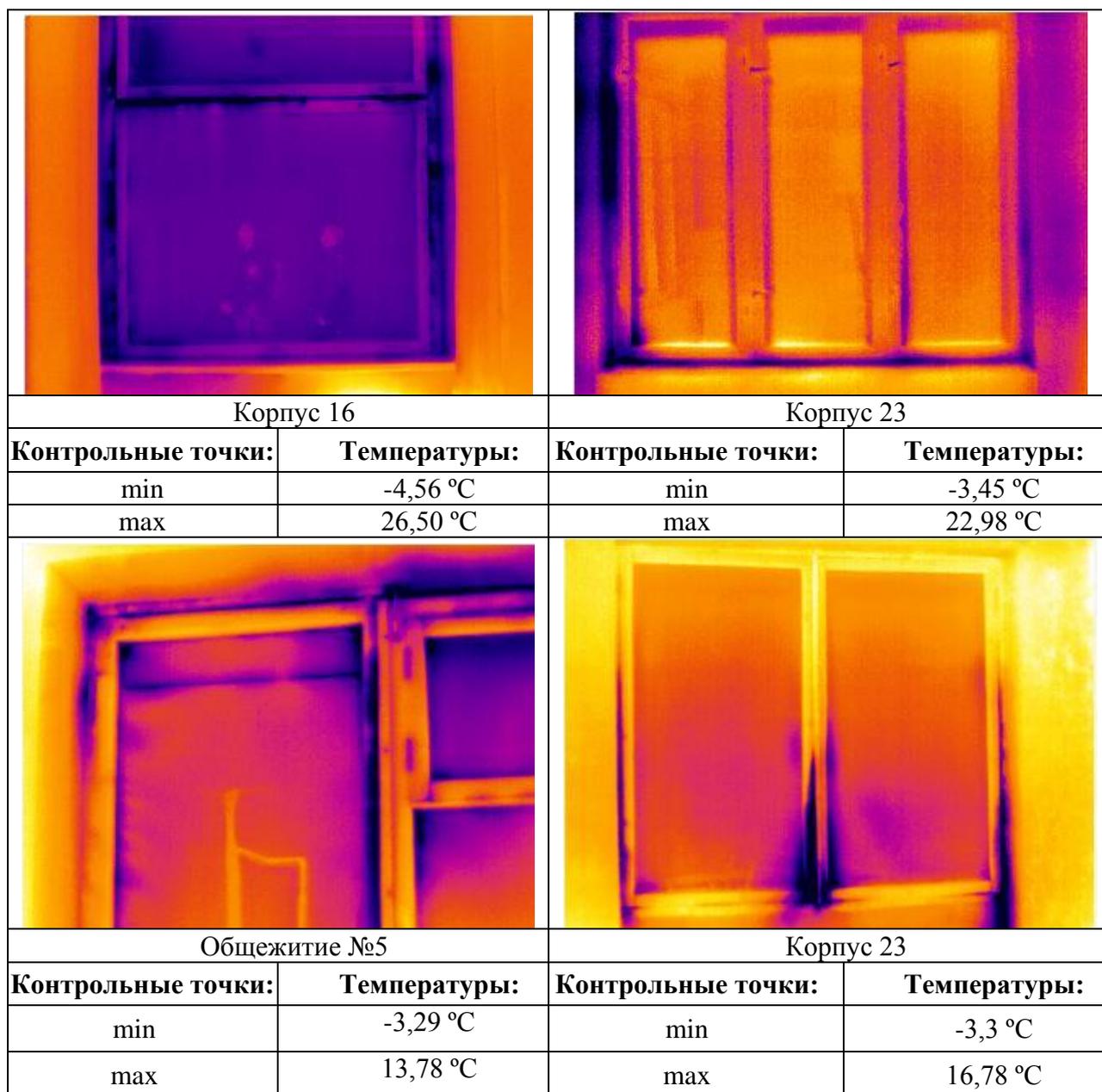


Рис.1. – Термограммы окон

Специализированное программное обеспечение, поставляемое вместе с тепловизором предоставляет возможность сохранить полученные результаты исследования термограмм в файлах табличного редактора Excel. При сохранении термограммы в виде таблиц, измеряемая на поверхности ограждающей конструкции температура в отдельных её точках, сохраняется индивидуально в каждой ячейке базы данных. При этом величины измеренных температур, представленные в виде таблиц удобно

анализировать с помощью разработанной методики.

В таблице 1 представлены результаты тепловизионных исследований оконных переплётов для вышеперечисленных зданий.

Таблица 1

Результаты тепловизионных исследований оконных переплётов

№ термограммы	№ отбора	Температура поверхности, °С		Количество точек	Доля поверхности щели в ограждающей конструкции, %, соответственно сквозной и полной	
3210	1	-0,6	1,7	370	0,60%	
	2	-0,6	3,9	944		1,53%
	3	-0,6	0,0	30		
2897	1	6,4	8,6	451	0,74%	
	2	6,4	10,9	1691		2,76%
	3	6,4	6,7	24		
2875	1	5,8	8,1	204	0,34%	
	2	5,8	10,3	6095		9,92%
	3	5,8	6,7	50		

Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях общественных зданий, определяется по формуле:

$$Q_i = 0,28 \cdot \sum G_i \cdot c \cdot (t_{вн} - t_{но}) \cdot k, \quad (1)$$

где G_i – количество инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции, определяемое по формуле (2); c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг °С); k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях; $t_{вн}, t_{но}$ – расчетная температура воздуха, °С, соответственно в помещении и температура наружного воздуха в холодный период года.

Количество инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через неплотности наружных ограждений, определяется по формуле:

$$\sum G_i = 3456 \cdot \sum A_3 \cdot \Delta p_i^{0,5}, \quad (2)$$

где A_3 – площадь неплотностей, щелей, проемов в наружных ограждающих

конструкциях; Δp_i – расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций на расчетном этаже, Па.

Удельный вес, наружного воздуха и воздуха в помещении:

$$\gamma_{но} = \frac{3463}{273 - 4,5} = 12,89,$$

$$\gamma_{вн} = \frac{3463}{273 + 18} = 11,9.$$

Плотность наружного воздуха:

$$\rho_{но} = \frac{12,89}{9,81} = 1,315 \text{ кг} / \text{м}^3,$$

$$\Delta p_{ок1} = (15,0 - 6,0) \cdot (12,89 - 11,9) + 0,5 \cdot 1,315 \cdot 5,8^2 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 1 - 0 = 39,95 \text{ Па}.$$

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха составит:

$$Q_{инф}^{cp} = 0,28 \cdot (3456 \cdot 0,00648 \cdot 39,95^{0,5}) \cdot 1 \cdot (18 - (-4,5)) \cdot 0,8 = 951,21 \text{ Вт}.$$

В таблице 2 представлены результаты проведенного анализа полученных значений для одного окна.

Таблица № 2

Результаты анализа полученных значений

№ п/п	Наименование здания	Расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч	Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха, Вт	Годовой расход тепловой энергии на нагрев инфильтрующегося воздуха, Гкал
1	Корпус №16	141,55	713,41	3,08
2	Корпус №23	188,73	951,21	4,22
3	Общежитие №5	146,89	871,94	3,76
4	Общежитие №7	150,92	895,84	3,95

Как видно минимальная величина расхода тепловой энергии на нагрев инфильтрующегося воздуха за год составила 3,08 Гкал, а среднее значение равно 3,75 Гкал. Для проведения исследований были выбраны наиболее характерные корпуса и общежития университета.

Применение методики оценки энергетических затрат позволяет наиболее точно определить расход тепловой энергии на нагрев инфильтрующегося воздуха. По результатам выполненных расчетов разрабатываются оптимальные рекомендации для выполнения наиболее подходящих мероприятий по снижению тепловых потерь через неплотности в ограждающих конструкциях.

Литература

1. Брилинг Р. Е. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов. М.: Стройиздат, 1948. 90 с.
2. Raisch E. Die Luftdurchlässigkeit von baustoffen. Gesundheits-Ingenieur. 1928. №30. pp. 481-489.
3. Silberstein A, Hens H. Effects of air and moisture flows on the thermalperformance of insulations in ventilated roofs and walls // Journal of ThermalInsulation and Building Envelopes. 1996. Vol.19. pp. 367-385.
4. Бжахов М.И., Карданов Л.Т., Кучуков М.А. Повышение теплозащитных качеств наружной ограждающей конструкции жилого дома типовой серии // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3544.
5. Евтушенко А.И., Тютин А.Д., Баширов Э.Б. Применение вентилируемых фасадов в современном строительстве // Инженерный вестник Дона, 2019, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2019/5831
6. Артемов М. Д. К вопросу воздухопроницаемости ограждающих конструкций // Тепловой режим. Теплоизоляция и долговечность зданий: Сб. науч.тр. / НИИСФ. М.: 1981. С. 51-55.
7. Гагарин В. Г., Козлов В. В., Садчиков А. В., Мехнецов И. А. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях // АВОК. 2005. №8. С. 60-70.



8. Петриченко М. Р., Петроченко М. В. Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 51-56.

9. Ушков Ф. В. Влияние воздухопроницаемости на теплозащиту стен // Строительная промышленность. 1951. №8. С. 16-19.

10. Титов В. П. Теплотехнический расчет наружных стен с учетом инфильтрации воздуха // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1962. №3. С. 137-147.

References

1. Briling R. Ye. Vozdukhopronitsayemost ograzhdayushchikh konstruktsiy i materialov [Breathability of building envelopes and materials]. Moskva: Stroyizdat, 1948. 90 p.

2. Raisch E. Die Luftdurchlässigkeit von baustoffen. Gesundheits-Ingenieur. 1928. №30. pp. 481-489.

3. Silberstein A., Hens H. Journal of Thermal Insulation and Building Envelopes. 1996. Vol. 19. pp. 367-385.

4. Bzhakhov M.I., Kardanov L.T., Kuchukov M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3544.

5. Evtushenko A.I., Tyutina A.D., Bashirov E.B. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2019/5831

6. Artemov M. D. Sb. nauch. tr. [Collection of proceedings]. NIISF. Moskva: 1981. pp. 51-55.

7. Gagarin V. G., Kozlov V. V., Sadchikov A. V., Mekhnetsov I. A. AVOK. 2005. №8. pp. 60-70.

8. Petrichenko M. R., Petrochenko M.V. Magazine of civil engineering. 2011. №8 (26). pp. 51-56.

9. Ushkov F. V. Stroitel'naya promyshlennost. 1951. №8. pp. 16-19.



10. Titov V. P. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo i arkhitektura. 1962. №3. pp. 137-147.