

**Некоторые возможности использования теплоты удаляемого воздуха в жилых многоэтажных эксплуатируемых зданиях**

Лешкевич В. В., Сизов В. Д., Караваева Д. В., Черванёва Е. А.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Представлены результаты исследований способов утилизации теплоты удаляемого воздуха в эксплуатируемых жилых многоэтажных зданиях с вытяжными системами вентиляции с естественным побуждением движения воздуха.*

В последние годы использование вторичных энергоресурсов в жилых зданиях сосредоточено в основном в области нового строительства и заключается в обеспечении довольно низких значений [1, с. 5–6] удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий. Как правило, для обеспечения данного показателя применяется комплекс технических решений в виде повышенных значений сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, рекуператоров теплоты удаляемого вентиляционного воздуха и рекуператоров теплоты сточных вод, индивидуального регулирования в системах отопления и вентиляции, и др. В то же время большинство эксплуатирующихся жилых зданий не относится к энергоэффективным и возведены до введения соответствующих нормативных требований. Здания, находящиеся в эксплуатации, с течением времени подвергаются реконструкции и модернизации, в том числе с целью доведения теплотехнических показателей их ограждающих конструкций до современных нормативных требований и обеспечения автоматического регулирования систем отопления. Данные меры позволяют значительно снизить энергопотребление зданий, но, чаще всего, не обеспечивают показатели удельного потребления по [1, с. 5–6, 23].

Анализ теплового баланса показывает, что дальнейшее ужесточение требований к показателям теплозащиты наружных ограждающих конструкций не является эффективным экономически и приводит к сложным техническим решениям. В таких условиях большую долю в составе тепловых потерь имеют потери теплоты с удаляемым вентиляционным воздухом. Очевидным способом, который применяется в новом строительстве, является применение систем возврата теплоты удаляемого воздуха и ее использование для подогрева приточного воздуха.

Большинство эксплуатируемых жилых зданий в Беларуси оборудовано вытяжной общеобменной системой вентиляции с естественным побужде-

нием движения воздуха, а объём удаляемого воздуха компенсируется через неплотности ограждающих конструкций, окна, двери. По этой причине реализовать подогрев приточного воздуха с использованием теплоты удаляемого воздуха становится практически невозможной задачей. Преобразование теплоты удаляемого воздуха в другие виды энергии не даст должного эффекта в связи с низким её потенциалом.

Для оценки возможности использования теплоты удаляемого из квартир воздуха оценим тепловой баланс.

Результаты расчета количества теплоты, удаляемого с вентиляционным воздухом, представлены в табл. 1, 2. Температура внутреннего (удаляемого) воздуха принята 20 °С, удельная теплоёмкость воздуха 1,005 кДж/(кг·°С).

В расчет принята типовая серия М464-М с общей площадью квартир на этаже 285,39 м<sup>2</sup> и высотой 10 этажей. План рассматриваемой секции здания представлен на рис. 1.

Сопrotивление теплопередаче наружных стен принято 3,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт, окон 0,6 м<sup>2</sup>·°С/Вт, перекрытия над подвалом 1,8 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Таблица 1

Результаты расчета количества теплоты, удаляемого с вентиляционным воздухом при удельном расходе воздуха 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений

Температура наружного воздуха, °С	Потери теплоты, на нагревание вентиляционного воздуха в квартирах, Вт				
	1-комнатных	2-комнатных	2-комнатных	3-комнатных	Всего на секцию здания
-30	1842,5	1842,5	1842,5	2543,7	80711,6
-26	1695,1	1695,1	1695,1	2340,2	74254,6
-25	1658,3	1658,3	1658,3	2289,3	72640,4
-20	1474,0	1474,0	1474,0	2034,9	64569,2
-15	1289,8	1289,8	1289,8	1780,6	56498,1
-10	1105,5	1105,5	1105,5	1526,2	48426,9
-5	921,3	921,3	921,3	1271,8	40355,8
0	737,0	737,0	737,0	1017,5	32284,6
5	552,8	552,8	552,8	763,1	24213,5

Таблица 2

Результаты расчета количества теплоты, удаляемого с вентиляционным воздухом при удельном расходе воздуха 1,5 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений

Температура наружного воздуха, °С	Потери теплоты, на нагревание вентиляционного воздуха в квартирах, Вт				
	1-комнатных	2-комнатных	2-комнатных	3-комнатных	Всего на секцию здания
-30	566,6	893,9	906,8	1271,8	36391,1
-26	521,2	822,4	834,2	1170,1	33479,8
-25	509,9	804,6	816,1	1144,6	32752,0
-20	453,3	715,2	725,4	1017,5	29112,8
-15	396,6	625,8	634,7	890,3	25473,7
-10	339,9	536,4	544,1	763,1	21834,6
-5	283,3	447,0	453,4	635,9	18195,5
0	226,6	357,6	362,7	508,7	14556,4
5	170,0	268,2	272,0	381,5	10917,3

Воздухообмен квартир принимался в виде большего из значений, полученных по удельному нормируемому расходу для жилых комнат и суммарного по удельным нормируемым расходам для санузлов и кухонь.

Для оценки вариантов утилизации теплоты удаляемого воздуха рассмотрим вариант применения его для отопления объёма лестничной клетки. Для помещения лестничной клетки секции здания, представленной на рис. 1, определены тепловые потери при различных значениях температуры наружного воздуха.

При расчете учтены потери теплоты через ограждающие конструкции (трансмиссионные) и на подогрев инфильтрующегося через ограждающие конструкции наружного воздуха.

Так как расчет выполнен для условного объекта, надбавки к основным теплопотерям в зависимости от ориентации наружных ограждающих конструкций по сторонам света приняты 8%.

Зависимости потерь теплоты лестничной клеткой от температуры наружного воздуха, а также данные табл. 1, 2 представлены на рис. 2.

Анализ полученных данных показывает, что теплоты, удаляемой с вентиляционным воздухом, однозначно достаточно для возмещения тепловых потерь лестничной клетки секции здания. Утилизация теплоты удаляемого

воздуха в виде обогрева помещения лестничной клетки может быть реализована в зданиях с теплыми чердаками с применением теплового насоса.

При норме воздухообмена  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  жилой площади количество теплоты, удаляемой с вентиляционным воздухом, превышает теплопотери лестничной клетки. В этом случае целесообразно использование её для нужд, отличающихся от возмещения потерь теплоты лестничной клетки. Например, возможно рассмотрение варианта использования теплоты уходящего воздуха для подогрева воды для нужд горячего водоснабжения.

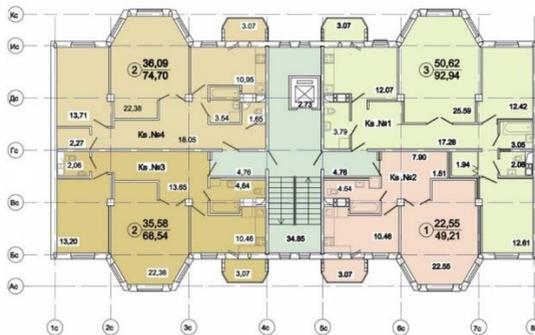


Рис. 1. План рассматриваемой секции здания

Принимая количество проживающих в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах соответственно 2, 3 и 4 человека для 10-этажной секции рассматриваемого здания количество жильцов составит  $(2 + 3 \cdot 2 + 4) \cdot 10 = 120$  человек.

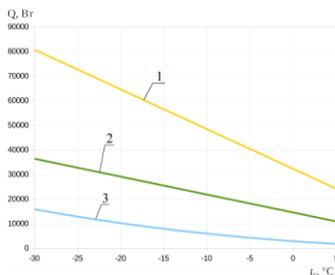


Рис. 2. Зависимость расхода теплоты на нагрев вентиляционного воздуха и тепловых потерь лестничной клетки от наружной температуры:

1 – расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха при норме воздухообмена  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  жилой площади; 2 – то же при  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$ ; 3 – потери теплоты лестничной клеткой

Согласно [2] норматив водопотребления составляет 130 л/сутки. В свою очередь статистические данные [3] говорят о фактическом потреблении 36 м<sup>3</sup> на человека в год, что соответствует 99 л/сутки. Согласно [2] 48 л/сутки из них – это горячая вода.

Результаты определения количества теплоты, необходимой для нагрева указанного количества воды представлены в табл. 3.

Таблица 3

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды

Количество проживающих, чел.	Годовой расход воды, м <sup>3</sup> на человека в год	Суточный расход воды, л/сутки на человека	Начальная температура воды, °С	Конечная температура воды, °С	Расход теплоты, Вт
120	36	48	5	50	12570,0
120	-	130	5	50	34043,8

Дополнительно к результатам, представленным в табл. 3, будут присутствовать потери теплоты на обеспечение работы полотенцесушителей (ориентировочно – не менее 4000 Вт для рассматриваемой секции здания), а также для компенсации потерь теплоты трубопроводами горячего водоснабжения, положенными внутри здания.

Анализируя данные табл. 3 совместно с результатами, представленными на рис. 2, видно, что при норме воздухообмена в квартирах 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилой площади теплоты удаляемого воздуха хватает для нагрева фактического количества воды в течение большей части отопительного периода. Проблемой применения данного варианта является обеспечение пиковых нагрузок, которое может быть компенсировано традиционными способами.

### Литература

1. Здания и сооружения. Энергетическая эффективность = Будынкi і збудаванні. Энергетычная эфектыўнасць: СН 2.04.02-2020. – Введ. 30.03.21. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 28 с.

2. Тарифы – Минскводоканал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minskvodokanal.by/person/tariffs/>. – Дата доступа: 23.05.2023.

3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: С.4. Бытовое водопотребление в расчете на душу населения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovmeznaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/c-vodnye-resursy/s-4->

bytovoe-vodopotreblenie-v-raschete-na-dushu-naseleniya/. – Дата доступа: 18.09.2023.

УДК 697+699

### **К вопросу об использовании значений приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен в проектной практике**

Лешкевич В. В., Сизов В. Д., Караваева Д. В., Якимович Д. Д.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Представлен подход к установлению значения сопротивления теплопередаче наружных стен, основанный на сложившейся в проектировании практике применения данного показателя при расчетах тепловых потерь помещений.*

Анализ разделов «Отопление и вентиляция» (ОВ) современных проектов зданий показывает, что каталог [1, с. 1–211] не применяется для расчета теплопотерь вследствие чрезвычайно высокой трудоемкости. В большинстве случаев тепловые потери через стены рассчитываются на основе одинакового значения сопротивления теплопередаче для всех помещений здания, в то время как расчетные значения в других разделах проектов (конструкции, архитектура) могут иметь значения, отличающиеся для каждого помещения расчетного фрагмента здания.

При определении удельных потерь теплоты на отопление и вентиляцию при составлении энергетического паспорта применяют, как правило, значение сопротивления теплопередаче наружных стен, которое определяется для здания в целом.

В сложившейся практике проектирования для расчета теплопотерь в разделах ОВ проектов принимается нормативное значение сопротивления теплопередаче стен, устанавливаемое [2, с. 6–9]. Таким образом, на этапе проектирования полагается, что значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен каждого помещения здания будет не менее  $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

При анализе типичных узлов наружных ограждающих конструкций в жилом строительстве выявлено, что в некоторых случаях достижение необходимого уровня теплоизоляции наружных стен, равного  $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  согласно требованиям действующих ТНПА, затруднено по ряду причин. Одним из главных факторов, препятствующих этому, является недостаточное количество участков стен с максимальным расчетным значением сопротивления теплопередаче (чаще всего считающихся «гладью» стены)