

**Тепловой баланс помещений современных
многоквартирных жилых зданий**

Шибeko A. C., Булуx Я. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Рассмотрена зависимость расчётных потерь теплоты жилым зданием от сопротивления теплопередаче наружной стены, заполнения светового проёма и расчётного расхода приточного воздуха. Определена возможность компенсации расчётных теплопотерь помещений жилых зданий за счёт бытовых теплопоступлений.

Снижение энергопотребления зданий является основной проблемой как в Беларуси, так и в Европе. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь на отопление расходуется в среднем 59,2 % от общего конечного потребления энергии в домашних хозяйствах. В соответствии с государственной программой «Энергосбережение» на 2016–2020 годы достижение подпрограммы 1 «Повышение энергоэффективности» в жилищно-коммунальной сфере должно осуществляться увеличением сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых жилых зданий. За последние 26 лет нормативное сопротивление для наружных стен жилых зданий возросло в 1,3–1,6 раза, совмещённых покрытий и чердачных перекрытий – в 2,0 раза, окон и балконных дверей – в 1,7 раза. Однако увеличение сопротивления теплопередаче, которое в первую очередь достигается увеличением толщины теплоизоляционного слоя, влечёт за собой увеличение капитальных затрат. Ввиду этого необходимо проследить изменение показателя максимального расхода теплоты на отопление жилого здания $q_{от}$, Вт/м², который рассчитывается по формуле как отношение расчётной мощности системы отопления Q_i , Вт, к суммарной общей площади квартир $\sum F_{общ}$, м². С этой целью был произведён расчёт величины Q_i для жилого здания по методике, изложенной в приложении М [1]. При расчёте затрат теплоты на нагрев инфильтрующегося в жилые комнаты воздуха расчётный воздухообмен (на 1 м² площади помещения) принят 3 м³/(ч·м²) и 1,5 м³/(ч·м²) (согласно рекомендациям статьи [2]). Для прочих помещений расход инфильтрующегося через заполнения световых проёмов воздуха принимался исходя из нормативной воздухопроницаемости (10 кг/ч на 1 м² поверхности заполнения).

В результате расчётов были построены графики зависимости $q_{от}$ от расчётного сопротивления теплопередаче наружной стены $R_{т}^{HC}$ и светового проёма

$R_{\Gamma}^{c.n}$, а также при различных нормах воздухообмена (рис.). Из расчётов следует, что при уменьшении удельного расхода приточного воздуха в два раза расчётная мощность системы отопления уменьшается в 1,2–1,4 раза в зависимости от приведённого сопротивления теплопередаче наружной стены и заполнения световых проёмов.

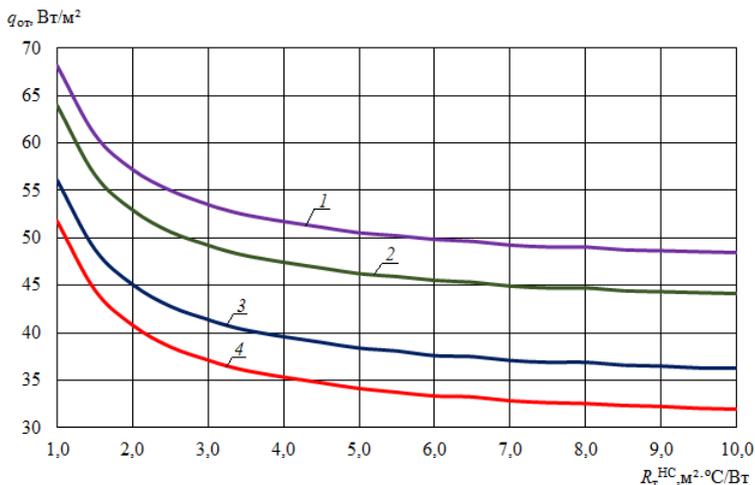


Рис. Зависимость максимального расхода теплоты на отопление жилых зданий от расчётного сопротивления теплопередаче наружной стены R_{Γ}^{HC} :

- 1 – при расчётном сопротивлении теплопередаче светового проёма $R_{\Gamma}^{c.n} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и удельном расходе приточного воздуха $3 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$,
- 2 – при $R_{\Gamma}^{c.n} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и $3 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$, 3 – при $R_{\Gamma}^{c.n} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и $1,5 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$, 4 – при $R_{\Gamma}^{c.n} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и $1,5 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$

Анализируя графики, можно заметить, что наиболее интенсивное изменение расчётного значения $q_{от}$ происходит при изменении сопротивления теплопередаче от $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ до $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, далее темп снижается. Таким образом, при дальнейшем увеличении сопротивления теплопередаче ограждений снижение расчётных теплопотерь будет происходить всё медленнее и медленнее. Это вызвано тем, что потери теплоты через ограждения будут снижаться, но в тоже время затраты на нагрев инфильтрующегося воздуха будут постоянны. Поэтому для квартир были рассчитаны средние удельные (отнесённые к 1 м^2 площади жилых комнат или кухни) теплопотери. Расчёты показывают, что при уменьшении удельного расхода приточного воздуха в два раза средние удельные потери теплоты уменьшаются в 1,3–1,7 раза (в зависимости от приведённого сопротивления теплопередаче наружной стены и этажа).

С целью установления возможности компенсации теплопотерь внутренними

теплоизбытками было рассмотрено поступление теплоты в помещения жилых зданий. Источниками регулярных поступлений теплоты являются люди, освещение, бытовая техника. Теплопоступления от людей рассчитываются на основании тепловыделения одного взрослого мужчины согласно данным проф. В. Н. Богословского [3]. Расчёт теплопоступлений от искусственного освещения (для люминесцентных и светодиодных ламп) производился по удельной (отнесённой к площади помещения) мощности, которая определялась исходя из нормативной освещённости, световой отдачи ламп и коэффициентов запаса, неравномерности и использования светового потока [4]. Учёт теплопоступлений от бытовых приборов является достаточно сложной задачей, поэтому теплопоступления определялись с помощью коэффициента загрузки $k_{\text{зар}}$, показывающего использование мощности в течение суток, т. е. отношение количества часов работы приборов к числу часов в сутках (24). При этом учитывалось, что потребляемая приборами электроэнергия полностью переходит в тепловую. Расчёт производился для телевизора, компьютера, утюга, холодильника, стиральной машины, плиты (газовой и электрической).

Таблица

Расчётный удельный тепловой поток,
поступающий в помещения жилого здания

Наименование помещения	Средний удельный тепловой поток, Вт/м ² , поступающий от			Расчётный удельный тепловой поток q_h , Вт/м ²
	людей	освещения	бытовых приборов	
Жилая комната	10,6	5,3/2,9	5,7	21,6/19,2
Кухня	–	3,0/1,7	51,7/126,0	при электроплитах – 54,7/53,4; при газовых плитах – 129,0/127,7
Ванная	–	1,2/0,7	21,3	22,5/22,0
Коридор и туалет	–	0,4/0,2	–	0,4/0,2

Примечание. Значения перед косой чертой соответствуют установке люминесцентных ламп, после – светодиодных.

На основании расчётов были сделаны следующие выводы.

1. Расчётные бытовые тепловыделения в жилых комнатах полностью не компенсируют расчётные теплопотери, однако доля их в общем тепловом балансе существенна, и они могут покрывать (в зависимости от расчётного сопротивления теплопередаче заполнения светового проёма, этажа и типа ламп) при норме воздухообмена $3,0 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$ – 20,5–43,3 %; при норме воздухообмена $1,5 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$ – 26,4–68,8 %.

2. Для кухонь с электроплитами расчётные тепловыделения могут компенсировать расчётные теплопотери для промежуточного этажа при

расчётном сопротивлении теплопередаче наружной стены свыше $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (при расчётном сопротивлении теплопередаче заполнения светового проёма $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$) или $2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (при $R_{\text{т}}^{\text{с.п.}} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$).

При $R_{\text{т}}^{\text{с.п.}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ и $R_{\text{т}}^{\text{НС}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ поступающий удельный тепловой поток может компенсировать на первом этаже – до 81,2 % расчётных теплопотерь; на последнем этаже – до 83,5 %. При расчётном сопротивлении теплопередаче заполнения светового проёма $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ выделяющийся удельный тепловой поток полностью компенсируют удельные теплопотери при расчётном сопротивлении теплопередаче наружной стены свыше $5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (для первого этажа) и $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (для последнего). Таким образом, при расчётном сопротивлении теплопередаче светового проёма $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ и наружной стены $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ потери теплоты могут полностью компенсированы тепловыделениями.

3. Для кухонь с газовыми плитами тепловыделения ещё более существенны и могут покрывать расчётные трансмиссионные теплопотери, однако значительная часть теплопотерь будет идти на нагрев воздуха, необходимого на горение. При расходе поступающего наружного воздуха, превышающем требуемый для горения, затраты будут расти прямо пропорционально инфильтрирующемуся расходу и увеличивать расчётные теплопотери кухни.

4. Для ванных комнат и туалетов, расположенных у внутренних ограждений, бытовые тепловыделения будут удаляться с уходящим воздухом. При расположении данных помещений у наружных стен требуется установка отопительных приборов, т. к. тепловыделения в них несутся.

Литература

1. СНБ 4.02.01–03*. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст]. – Взамен СНиП 2.04.05–91 ; введ. 01.01.05. – Минск : Мин-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2015. – 77 с.
2. Борухова, Л. В. Нормирование воздухообмена в помещениях и энергоэффективность жилых зданий [Текст] / Л. В. Борухова, А. С. Шибeko // Наука и техника. – Т. 17. – 2018. – № 4. – С. 306–313.
3. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Богословский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1982. – 415 с.
4. Кноринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения [Текст] / Г. М. Кноринг [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 1992. – 448 с.