

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С.М. Кисляк, П.К. Сеначин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В работе рассмотрены различные подходы к оценке применимости отопления теплым полом, отличающиеся как по теоретическому подходу, так и по точности предложенных методик. Первый подход позволяет грубо оценить усредненные требования к тепловым характеристикам ограждающих конструкций зданий, а второй подход предъявляет требования к системе отопления теплым полом для одно - трехэтажных зданий с нормируемыми тепловыми характеристиками ограждающих конструкций и является более точным.

Ключевые слова: *напольное отопление, теплый пол, теплопередача, нормативные требования.*

EXPRESS METHOD OF EVALUATING THE USE OF FLOOR HEATING IN LOW-RISE CONSTRUCTION

S. M. Kislyak, P. K. Senachin

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The paper discusses different approaches to assessing the applicability of Underfloor heating, which differ both in theoretical approach and the accuracy of the proposed me-nique. The first approach allows to roughly estimating average requirements for thermal characteristics of building envelope, while the second approach makes demands on the heating system warm floors for single-storey buildings with controlled heat dissipation: low luminous-e characteristics of the building envelope and is more accurate.

Keywords: *underfloor heating, warm floors, heat transfer, regulatory requirements.*

Введение

Отопление с помощью теплых полов в настоящее время получило довольно широкое распространение, как в индивидуальных жилых домах, так и в многоквартирных.

Однако небольшая плотность тепловых потоков теплого пола (50–200 Вт/м²) всегда оставляет открытым вопрос – сможет ли теплый пол полностью компенсировать тепловые потери здания или необходимо дополнительно поставить нагревательные приборы? Данный вопрос решается только после полных расчетов теплопотерь через ограждающие конструкции зданий. Как правило, выполнение качественных проектов по малоэтажному индивидуальному строительству всегда ограничено финансовыми затратами. Поэтому разработка быстрой методики оценки применимости отопления исключительно с помощью теплого пола является весьма необходимой.

Ранее была предпринята попытка такой оценки для здания, имеющего кубическую

форму [1, 2]. Требуемое сопротивление теплопередачи таких зданий можно было определить по формуле

$$R_{\min} = \frac{5\Delta t \cdot h}{q_n \sqrt[3]{V}}, \quad (1)$$

где $\Delta t = (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})$ - разность внутренней и наружной температур воздуха; h - высота этажа, м; q_n - плотность теплового потока теплого пола, Вт/м²; $V = a^3$ - объем здания, м³.

В качестве упрощения расчетов в предыдущей модели были приняты следующие положения: рассматривались тепловые потери через четыре стены здания и крышу; сопротивления теплопередачи стен и крыши считались одинаковыми; коэффициент остекления не учитывался.

В данной работе предлагается методика быстрой оценки применимости напольного отопления без проведения точных расчетов для зданий произвольной прямоугольной

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

формы с учетом их коэффициента остекления и нормативных требований к сопротивлению ограждающих конструкций.

Теоретические предпосылки для разработки расчетной методики

Введем основные геометрические параметры здания:

- площадь пола одного этажа $F_1=ab$;
- площадь пола всех этажей $F_{пол}=F_1N$ (где N - число этажей);
- площадь боковых ограждающих конструкций $F_{бок}=\Pi \cdot h \cdot N$, где $\Pi = 2(a+b)$ – периметр здания;
- площадь стен $F_{ст}=F_{бок}(1-k_{ос})F_{бок}$, (где $k_{ос}$ - коэффициент остекления здания).

Рассмотрим соотношение

$$\frac{F_1}{\Pi} = \frac{ab}{2(a+b)}.$$

Считая, что величины a и b не сильно отличаются друг от друга (такое соотношение часто встречается в малоэтажном строительстве), воспользуемся теоремой о среднем двух близких величин - среднее гармоническое двух чисел равно их среднему геометрическому, то есть

$$\frac{2ab}{a+b} = \sqrt{ab}. \quad (2)$$

Используя выражение (2), получим

$$\Pi = 4\sqrt{F_1}. \quad (3)$$

Если обозначить $q_{тп}$, Вт/м² – плотность теплового потока напольного отопления, а $q_о=\Delta t/R$, Вт/м²- плотность тепловых потерь через ограждающие конструкции, где R – приведенное сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций здания, то тепловой поток системы отопления теплым полом будет равен $Q_{тп}=q_{тп}F_{пол}$, а теплотери через стены, потолок, пол и светопрозрачные конструкции будут соответственно равны:

$$Q_{ст} = q_{ст}F_{ст}, \quad Q_{пот} = q_{пот}F_{пот},$$

$$Q_{пол} = q_{пол}F_{пол}, \quad Q_{ок} = q_{ок}F_{ок}.$$

Значения сопротивлений ограждающих конструкций выберем согласно нормативным требованиям [2, 3], м²/(Вт К):

$$\begin{aligned} R_{ст}&=0,00035 \cdot \text{ГСОП}+1,4; \\ R_{пол}&=0,00035 \cdot \text{ГСОП}+1,4; \\ R_{пот}&=0,00035 \cdot \text{ГСОП}+1,4; \\ R_{ок}&=0,62, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\text{ГСОП}=(t_{вн}-t_{н})z$ - градусосутки отопительного периода.

Используя уравнение теплового баланса

$$Q_0 = Q_{ст} + Q_{пот} + Q_{пол} + Q_{ок} + Q_{инф} - Q_{тв}, \quad (5)$$

получим требования на среднее значение плотности теплового потока теплого пола $q_{тп}$.

Значения потерь на инфильтрацию могут сильно отличаться для разных объектов, но при использовании современных стеклопакетов эта величина обычно меньше потерь на вентиляцию. Согласно требованию [2, 3] значения удельных вентиляционных потерь для жилых зданий q_v определяются по табличным данным, которые можно представить в виде графической зависимости (рис. 1).

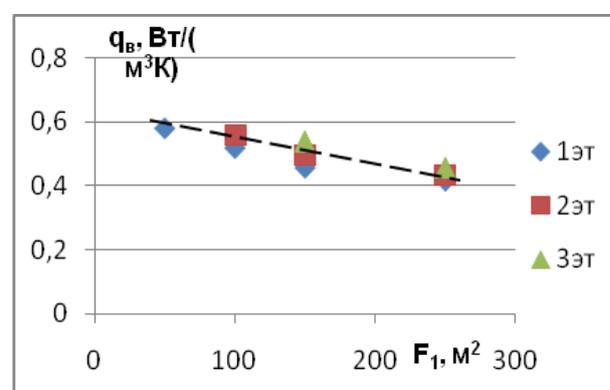


Рисунок 1 – Удельные нормируемые вентиляционные теплотери

Усредняя данные рисунка 1, получим зависимость

$$q_v = 0,614 - 0,000801F_1, \quad \text{Вт}/(\text{м}^3\text{К}) \quad (6)$$

Потери тепла на вентиляцию определяются следующей зависимостью:

$$Q_v = q_v V_v (t_{вн} - t_{нв}), \quad V_v = F_1 h N, \quad (7)$$

где $t_{нв}$ - расчетная наружная температура для вентиляции.

Рассмотрим случай $t_{вн}=20^\circ\text{C}$, $t_{н}=-36^\circ\text{C}$, $h=3$ м, $t_{ср}=-7,7^\circ\text{C}$, $z=221$ сут. (Барнаул). Величину удельных тепловыделений примем $q_{тв}=10$ Вт/м² [2-4]. Коэффициент остекления $k_c=0,2$.

В этом случае значения требуемых сопротивлений теплопередачи ограждающих конструкций, определенных по формулам (4) будут следующими: $R_{ст}=3,54$ м²К/Вт; $R_{пол}=5,26$ м²К/Вт; $R_{пот}=4,65$ м²К/Вт; $R_{ок}=0,62$.

Решая уравнение (5) можно построить зависимость теплового потока системы отопления теплым полом $q_{тп}$ от площади основания здания для разного количества этажей (рис. 2).

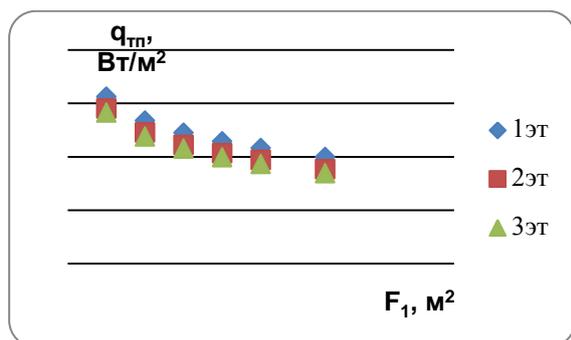


Рисунок 2 – Плотность теплового потока теплового пола в зависимости от площади основания здания

Как видно из рисунка 3, плотность теплового потока водяного теплового пола зависит от средней температуры теплоносителя, диаметра труб и их шага [5, 6].

Для оптимальной температуры теплового пола порядка 42 °С плотность теплового потока при изменении шага труб от 100 до 300 мм может изменяться от 75 до 155 Вт/м².

Следует заметить, что приведенный график для плотности теплового потока служит правильным ориентиром применительно к полам на цементно-песчаной стяжке толщиной 7 см с покрытием керамической плиткой. Что касается напольного покрытия другого типа, либо другой толщины стяжки, то для них необходима корректировка расчета.

Если, к примеру, если у вас пол с покрытием из ковролина, а не плиточный, то вам понадобится повышение температуры теплоносителя на 4-5 градусов Цельсия, при этом следует иметь в виду, что каждый лишний сантиметр толщины стяжки уменьшает плотность теплового потока на 5-8%.

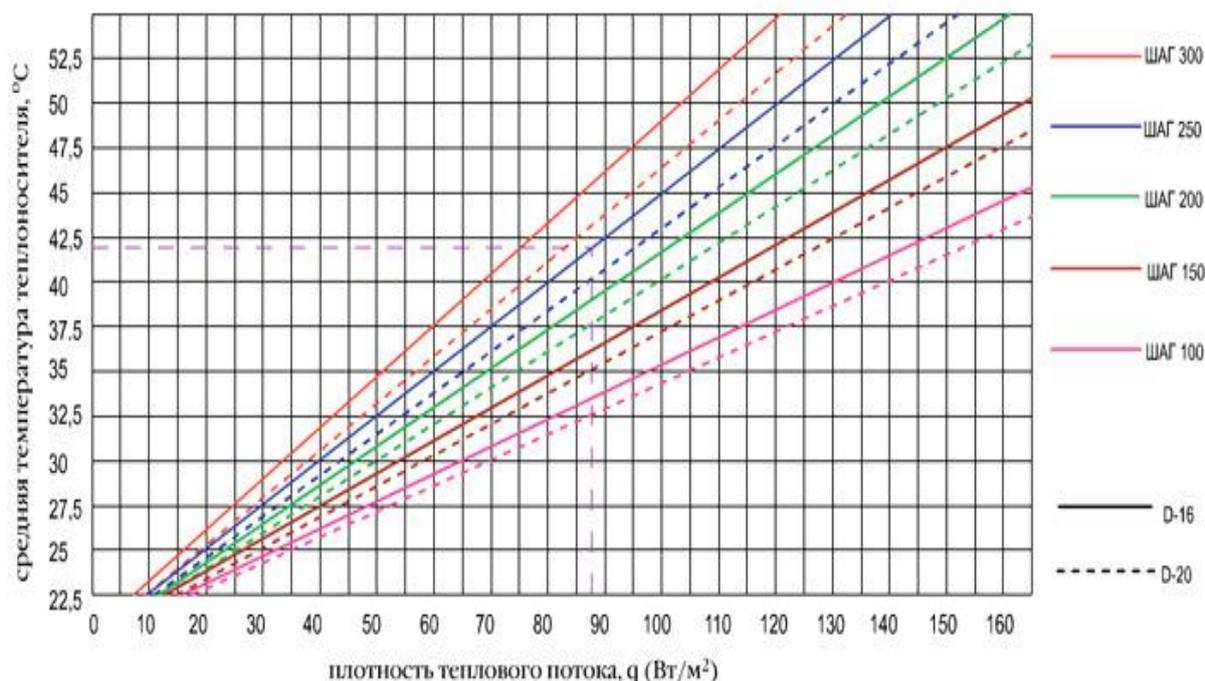


Рисунок 3 – Плотность теплового потока водяного теплового пола в зависимости от средней температуры теплоносителя, диаметра труб и шага их укладки, q (Вт/м²): сплошными линиями соответствуют наружному диаметру трубы 20 мм, а пунктирные – 16 мм

Тогда, согласно данным рисунка 2 при выполнении требований по тепловой защите здания напольное отопление при $q_{tm} \approx 100$ Вт/м² позволяет полностью компенсировать тепловые потери зданий с площадью основания F_1 более 100 м². Чем больше объем здания, тем менее жесткие требования к его теплоизоляции.

Расчетная формула для экспресс-оценки эффективности напольного отопления

Для быстрых расчетов при выполнении нормативных требований плотность теплового потока для теплового пола можно оценить по формуле (зона Барнаула)

$$q_{om} = \frac{A}{\sqrt[4]{F_1}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (8)$$

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

где $A=369 \text{ Вт/м}^{3/2}$ для одноэтажных и $A=335 \text{ Вт/м}^{3/2}$ для двух- и трехэтажных зданий.

Влияние коэффициента остекления на плотность потока теплого пола для одноэтажного строения показано на рисунке 4.

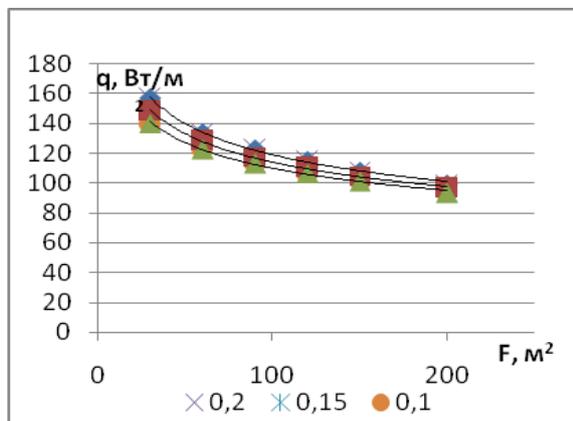


Рисунок 4 - Плотность потока теплого пола для разных значений коэффициента остекления

Выводы

1. Рассмотрены различные подходы к оценке применимости отопления теплым полом, которые существенно отличаются друг от друга, как по подходу, так и по точности оценке.

2. Первый подход (формула 1) позволяет грубо оценить усредненные требования к тепловым характеристикам ограждающих конструкций зданий.

3. Второй подход (формула 8) предъявляет повышенные требования к системе отопления теплым полом для зданий с нормируемыми тепловыми характеристиками ограждающих конструкций. Он является бо-

лее точным и может быть рекомендован для практических расчетов.

Список литературы

1. Кисляк, С.М. К вопросу о применимости напольного отопления в индивидуальных домах / С.М. Кисляк, П.К. Сеначин // Приоритетные направления науки и техники, прорывные и критические технологии «Энергетические, экологические и технологические проблемы ки» - ЭЭТПЭ-2007: Матер. Всероссийской научно-практ. конф. с междунар. участием / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, 17-20 октября 2007 г., г. Барнаул. - Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати, 2007. - С. 53-55.

2. Кисляк, С.М. К вопросу о применимости напольного отопления в индивидуальных домах // Ползуновский альманах. - 2008. - №1. - С. 237.

3. Тепловая защита зданий. СП 50.13330.2012.

4. Кисляк, С.М. Экспресс-метод оценки использования напольного отопления в малоэтажном строительстве / С.М. Кисляк, П.К. Сеначин // Энерго - и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием, Новосибирск, 24-26 марта 2015 г. - Новосибирск: Ин-т теплофизики СО РАН, 2015. - С. 156-157. - ISBN 978-5-89017-041-5. - Режим доступа: www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2015.

5. Bearzi, V. Теплые полы. Теория и практика / V. Bearzi // АВОК. - 2005. - № 7.

6. Справочник – как сделать пол // Расчет теплого пола водяного [Электронный ресурс] – 26.11.2016. - Режим доступа: <http://pol-spec.ru/vodianoy-teply-pol/raschet-teploego-pola-vodyanogo.html>.

Кисляк С.М., к.т.н., доцент, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, ksm58@rambler.ru

Сеначин П.К., д.т.н., профессор, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, в.н.с. Института теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН (ИТ СО РАН), senachinpk@mail.ru