

УДК 699.86:697.144

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АККУМУЛЯЦИОННОЙ ОТОПИТЕЛЬНОЙ ПАНЕЛИ

Зайцев Н.О.*, магистр, Борисенко К.И.**, к.т.н., доцент

*Одесский национальный политехнический университет, Украина

**Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина

Аннотация. Приведены результаты теоретических исследований способности греющей панели напольного отопления расположенной в межэтажном перекрытии аккумулировать тепло в условиях квазистационарного теплового режима с учетом теплового потока в нижерасположенное помещение при различных конструктивных характеристиках системы напольного отопления.

Ключевые слова: Тепловая инерция, греющая панель, напольное отопление, сопротивление теплопередаче, тепловой поток.

ВВЕДЕНИЕ

В климатических условиях нашей страны наиболее энергозатратным является теплоснабжение зданий. Доля теплоснабжения в энергетическом балансе зданий составляет, в зависимости от назначения здания, по данным различных источников, до 80%. [6, 7]. Следовательно, практический интерес представляет в первую очередь решение задачи снижения затрат на теплоснабжение зданий.

В настоящее время наиболее перспективными являются системы панельного, в том числе напольного отопления, имеющие ряд преимуществ: изменение температуры воздуха по высоте близко к оптимальному распределению, способность к саморегуляции тепловой мощности в

результате изменения внутренней температуры в помещении; невысокая температура теплоносителя в установках напольного отопления дает возможность эффективно использовать возобновляемые источники тепловой энергии. В то же время применение напольного отопления имеет ряд ограничений: максимальный удельный тепловой поток составляет 100 Вт/м^2 ; не все типы лицевого покрытия могут применяться при напольном отоплении; значительная тепловая инерция, которая является основным недостатком таких систем.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью работы является уточнение зависимости количества тепла аккумулированного греющей панелью, которое при ее охлаждении передается в отапливаемое помещение от конструктивных характеристик системы напольного отопления в условиях квазистационарного теплового режима.

Для достижения поставленной цели в работе теоретически исследовано влияние конструктивных (толщины панели, шага труб с теплоносителем) и динамических (теплообмен в трубах, конвективный теплообмен между поверхностью панели и внутренним воздухом) параметров на теплоаккумулирующую способность греющей панели напольного отопления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ ПАНЕЛИ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

На изменение температуры в помещении при регулировании тепловой мощности напольного отопления существенное влияние оказывает теплоемкость отопительной панели. Температура массива материала панели в момент начала процесса регулирования превышает температуру помещения, а ее охлаждение происходит в условиях снижения температуры внутреннего воздуха. Чем больше теплоемкость панели, тем значительней разница между количеством тепла Q_{mn} , отданного теплоносителем массиву панели в каждый момент времени, и теплом Q_{np} , переданного помещению

теплоотдающей поверхностью греющей панели при нестационарном режиме теплопередачи в процессе работы системы отопления.

Теплоотдачу напольного нагревательного прибора Q_{np} в отапливаемое помещение, определяют с помощью уравнения в виде:

$$Q_{np} = q_g F_n \quad (1)$$

где q_g – удельный тепловой поток от греющей панели, поверхностью которой является пол, по направлению в «верх», Bm / m^2 ; F_n – площадь теплоотдающей поверхности, m^2 .

В основу аналитического метода расчета параметров отопительной панели заложена формула определения удельного теплового потока в отапливаемое помещение $q_g, Bm / m^2$, как функция от температуры поверхности пола, основанная на частном решении задачи Форхгеймера (DIN 4725)[1]

$$q_g = 8,92(t_n - t_g)^{1,1} \quad (2)$$

где t_n – температура поверхности пола, $^{\circ}C$; t_g – температура воздуха в отапливаемом помещении, $^{\circ}C$. Температура поверхности пола $t_n, ^{\circ}C$:

$$t_n = t_g + \frac{q_g^{0,91}}{7,325} \quad (3)$$

Охлаждение греющей панели напольного отопления происходит при условии двустороннего асимметричного теплообмена. Отношение тепловых потоков от плоскости расположения труб с теплоносителем «вниз/вверх» a , определяется по формуле:

$$a = \frac{q_n}{q_g} = \frac{(t_{mp} - t_n) \cdot R_n^g}{(t_{mp} - t_g) \cdot R_n^u}, \quad (5)$$

где q_n – удельный тепловой поток по направлению «вниз», Bm / m^2 ; t_{mp} – температура поверхности трубы, $^{\circ}C$; t_n – температура воздуха в нижерасположенном помещении, $^{\circ}C$; R_n^g и R_n^u – приведенное сопротивление теплопередачи с учетом теплообмена на поверхности слоев расположенных над трубой и под трубой соответственно, $(m^2 \cdot K / Bm)$, определяются по

методике, приведенной в нормативе [2]. Так, принимая температуру воздуха в нижерасположенном помещении равной расчетной, для определения коэффициента a с учетом зависимости (5) можно записать:

$$a = \frac{R_n^e}{R_n^u} \quad (6)$$

В соответствии с требованием норматива [3] соотношение между термическими сопротивлениями слоев пола над греющими элементами R^e и под ними R^u для межэтажного перекрытия над отапливаемым помещением должно составлять $R^e \geq 4,0R^u$. Тогда коэффициент теплоотдачи поверхности пола $\alpha_e, (Вт/м^2 \cdot К)$ определяется как:

$$\alpha_e = 8,92(t_n - t_e)^{0,1} = 7,325q_e^{0,09} \quad (7)$$

Коэффициент теплоотдачи нижней поверхности перекрытия принят по [2] равным $\alpha_n = 8,7Вт/м^2 \cdot К$. Тогда средняя температура теплоносителя в трубах греющей панели:

$$t_m = t_e + q_e R_n^e + \frac{q_e R_{mp}^{np}}{n(1-a)} \quad (8)$$

где n – число труб в поперечном сечении пола, приходящееся на один погонный метр $n = 1/S$, (S – шаг труб греющей панели, м); R_{mp}^{np} – приведенное сопротивление теплопередаче стенок трубы (с учетом коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности трубы $\alpha_{вн}$, принимаемого $400 Вт/(м^2 \cdot К)$ [1]), $м^2 \cdot К / Вт$, определяется по формуле:

$$R_{mp}^{np} = \frac{1}{\pi \alpha_{вн} D_{вн}} + \frac{\text{LN} \frac{D_n}{D_{вн}}}{2\pi \lambda_{ст}} \quad (9)$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр трубы, м; D_n – наружный диаметр трубы, м; $\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности материала стенки трубы, $Вт/(м \cdot К)$.

За среднюю температуру массива греющей панели $t_m, ^\circ С$ при установившемся тепловом режиме предшествующем началу регулирования

тепловой мощности можно принять температуру в точке между трубами в плоскости их расположения, которую определим по формуле [4]:

$$t_m = t_{S/2} = \frac{t_m - K}{ch\left(S/2\sqrt{A+B}\right)} + K, \quad (10)$$

где $K = \frac{At_n + Bt_g}{A+B}$ - температурный фактор; ch - гиперболический косинус значения $\left(S/2 \cdot \sqrt{A+B}\right)$; $A = 1/(\lambda_n D_n R_n^a)$ - вспомогательная величина; $B = 1/(\lambda_n D_n R_n^g)$ - вспомогательная величина; λ_n - коэффициент теплопроводности материала панели, Вт/(м·К).

Рассматривая теплоемкую греющую панель напольного отопления как отдельный элемент конструкции межэтажного перекрытия, примем следующие допущения. Греющая панель пола относительно тонкая пластина, на поверхности которой расположены дополнительные материальные слои конструкции (лицевой слой на верхней поверхности и слой утеплителя с плитой перекрытия на нижней). При расчетах учтем эти слои как дополнительные термические сопротивления теплообмену с поверхности пластины без учета их теплоемкости. Влияние теплоемкости слоев расположенных ниже греющей панели на общий тепловой режим межэтажного перекрытия учитывается коэффициентом отношения тепловых потоков a , который определен по формуле (6). Количество теплоты, аккумулированной массивом греющей панели теплого пола в общем случае можно определить по формуле, приведенной в [5].

С учетом допущений, принятых выше и формулы (6), количество теплоты аккумулированной отопительной панелью теплого пола площадью F_n, m^2 , которое при охлаждении передается через поверхность в отапливаемое помещение можно записать в виде:

$$C_m = \frac{\delta_n \rho_n c_n F_n \vartheta_a}{(1+a)}. \quad (11)$$

Или удельное количество теплоты $c_m, kJ/m^2$, аккумулированное одним квадратным метром массива греющей панели напольного отопления

$$c_m = \frac{\delta_n \rho_n c_n g_e}{(1+a)} \quad (12)$$

Рассмотрим теплоотдачу и аккумуляцию тепла в греющей панели как квазистационарный процесс. Приняв за расчетные, значения конструктивных характеристик эталонного теплого пола, представленных в [1], была определена теплоаккумулирующая способность греющей панели системы напольного отопления. Зависимость удельного количества теплоты, которое передается отапливаемому помещению, аккумулярованной одним квадратным метром массива греющей панели $c_m, Дж/м^2$ от шага труб с теплоносителем $S, м$ и толщины панели $\delta_n, м$ при стационарном режиме в начале процесса охлаждения при расчетных температурных условиях помещения представлена на рис.1.

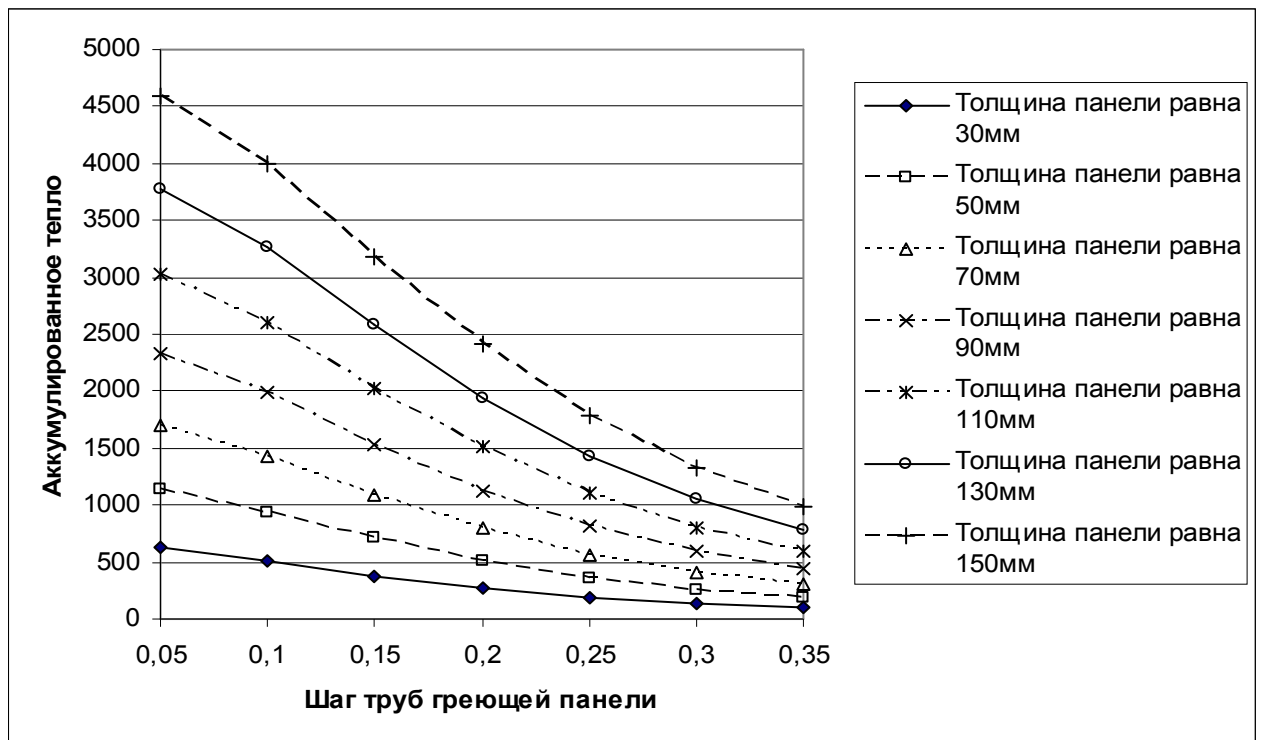


Рис.1 Удельное количество теплоты $c_m, Дж/м^2$, аккумулярованное греющей панелью напольного отопления в зависимости от шага труб с теплоносителем $S, м$ и толщины панели $\delta_n, м$ в условиях квазистационарного режима.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных теоретических исследований получена зависимость удельной теплоаккумуляционной способности греющей панели от конструктивных характеристик системы напольного отопления с учетом теплового потока в нижерасположенное помещение при квазистационарном тепловом режиме. Тепловая инерция панели может вносить значительные возмущения в процесс регулирования тепловой мощности систем напольного отопления. Также выявлено, увеличение шага между греющими элементами не увеличивает количество аккумулированного тепла, что связано с низкой тепловой мощностью источника, то есть накопление тепла в панели является локальным явлением, что требует ограничения величины шага прокладки труб с точки зрения создания равномерного температурного (по площади) поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин А.Н., Сушицкий О.И., Горбунов В.И. Руководство по проектированию монтажу и эксплуатации холодного, горячего водоснабжения и отопления с использованием металлополимерных труб VALTEC. М.: ОАО «Научно – исследовательский институт санитарной техники», 2009.- 200с.
2. ДБН В.2.6-31:2006 . Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Укрархбудінформ, 2006.- 70 с.
3. ДБН В.2.5.24-2003 Електрична кабельна система опалення. – К.: Укрархбудінформ, 2004. – 31 с.
4. Шаповалов И.С. Проектирование панельно-лучистого отопления. - М.: Стройиздат, 1966. – 240 с.
5. Кононович Ю. В. Тепловой режим зданий массовой застройки. - М.: Стройиздат, 1986. – 157с.
6. Самарин О.Д., Васин П.С., Зайцев Н.Н., Гарифуллин Р.Ф., Загорцева Н.В. Оценка энергоэффективности зданий и сравнительная эффективность

энергосберегающих мероприятий. // Сб. докл. 9-й конф. РНТОС 25 мая 2004 г., с. 56-60.

7. Табунщиков Ю.А. Расчёты температурного режима помещения и требуемой мощности для его отопления. — М.: Стройиздат, 1981. - 84 с.

ENERGY WORK ACCUMULATION HEATING PANELS

Zaitsev N.O. *, magistr, Borisenko K.I. **, Ph.D., Associate Professor,

* Odessa National Polytechnic University, Ukraine

** Odessa State Academy of Construction and Architecture

Annotation. The results of theoretical research capacity underfloor heating heating panel located in the intermediate floor to store heat in a quasi-stationary thermal regime, taking into account the heat flow in the downstream space for various structural characteristics of the underfloor heating system.

Keywords: The thermal inertia, heating panels, underfloor heating, heat transfer resistance, heat flow.