

Список литературы

1. **Клименко А.П., Козицкий В.И.** Расчет коэффициентов теплоотдачи при кипении углеводородов и их галоидопроизводных. – Химическая промышленность Украины, 1967, № 1, с. 18 – 23.
2. **Клименко А.П., Козицкий В.И.** Экспериментальное исследование теплообмена при кипении н-бутана. – Газовая промышленность, 1967, № 6, с. 46 – 49.

УДК 697

С.Г. Михин

О.В. Медведев

Представительство компании DE-VI A/S (Дания) в России

Представительство компании DE-VI A/S (Дания) в Украине

КАБЕЛЬНАЯ СИСТЕМА “ТЕПЛЫЙ ПОЛ” РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ ТЕПЛА

Рассмотрены вопросы эффективности применения теплоизолятора для кабельных систем подогрева поверхности пола, систем «теплый пол» и уравнения распределения потоков тепла вверх-вниз от греющего кабеля. Приведены графики распределения потоков тепла для теплоизолятора различной толщины и разных наружных температур.

Задачу полного расчета тепловых полей в системе типа “теплый пол” можно разбить на ряд задач с упрощенной геометрией для получения в общем виде простых соотношений для численных оценок.

Задача №1. Распределение тепла вверх-вниз от греющего кабеля.

Принимаем, что кабель лежит близко к теплоизоляции.

Считаем, что источник тепла плоский, и расположен на глубине залегания кабеля, то есть решаем плоскую одномерную задачу. Греющий кабель расположен над плитой перекрытия и над слоем теплоизоляции (рис. 1).

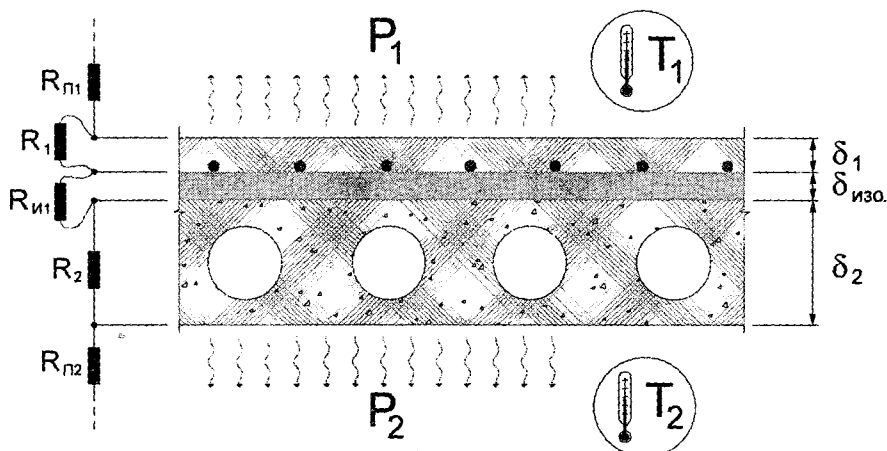


Рис. 1. Схема расположения греющего кабеля в перекрытии

Заметим сразу, что рассматриваемая задача незамкнутая по постановке и по сути. При монтаже вспомогательного отопления – системы «теплый пол» всегда предполагается наличие «внешних» источников тепла, определяющих температуру в помещении. При такой постановке мы можем считать температуры T_1 и T_2 независимыми параметрами. Следовательно, можно записать следующие очевидные соотношения:

$$\begin{cases} P_1 + P_2 = P; \\ \begin{cases} P_1 = \Lambda_1 \times (T_K - T_1); \\ P_2 = \Lambda_2 \times (T_K - T_2), \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

где: P – Вт/м² (полный тепловой поток, создаваемый кабелем);

T_1 – температура воздуха внутри помещения, °С ;

T_2 – температура воздуха под основанием (потолок соседа, подвала и т.п.), °С;

ТК – температура условного нагревателя (температура бетона в плоскости залегания кабеля), °С ;

$\delta_{нз}$ – толщина теплоизоляции, м;

δ_1 – толщина стяжки над кабелем, м;

δ_2 – толщина основания (бетонная плита перекрытия), м;

R – приведенный коэффициент теплового сопротивления слоев;

R_1 – плотность теплового потока вверх, Вт/м² ;

R_2 – плотность теплового потока вниз, Вт/м² ;

Λ_1 – коэффициент теплопроводности слоев, лежащих над кабелем (с учетом теплового сопротивления “поверхность пола - воздух” $R_{п1}$);

Λ_2 – коэффициент теплопроводности слоев, лежащих под кабелем (с учетом теплового сопротивления “поверхность перекрытия - воздух” $R_{п2}$).

Принимая во внимание эквивалентную схему тепловой цепи, можно записать:

$$\Lambda_B = \frac{\lambda_{Б1} \cdot x \cdot \alpha_B}{\delta_1 \cdot x \cdot \alpha_B + \lambda_{Б1}}, \quad (2)$$

$$\Lambda_2 = \left(\frac{\delta_2 \cdot x \cdot \alpha_B + \lambda_{Б2}}{\lambda_{Б2} \cdot x \cdot \alpha_B} + \frac{\delta_{нз}}{\lambda_{нз}} \right), \quad (3)$$

где

$$R_{п1} = R_{п2} = 1/\alpha_B,$$

α_B – коэффициент теплоотдачи от нагретой поверхности в воздух для внутренних помещений, °С

согласно СНиП $\alpha_B \cong 9$ Вт/м²°С ;

$\lambda_{Б1}$ – удельная теплопроводность цементно-песчаной стяжки над кабелем;

$\lambda_{Б2}$ – удельная теплопроводность плиты перекрытия;

$\lambda_{нз}$ – удельная теплопроводность теплоизолятора.

При отсутствии теплоизолятора ($\delta_{нз} = 0$) формула для Λ_2 принимает вид:

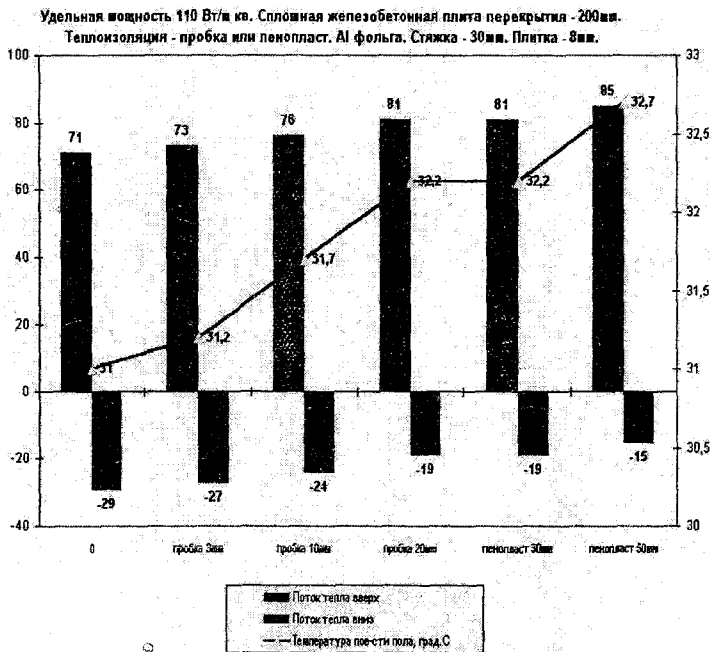
$$\Lambda_2 = \frac{\lambda_{Б2} \cdot x \cdot \alpha_B}{\delta_2 \cdot x \cdot \alpha_B + \lambda_{Б2}}. \quad (4)$$

Можно решить эту систему уравнений относительно тройки параметров, считая остальные параметры заданными. Например, можно

получить выражение для теплового потока P_1 , направленного вверх, тем самым оценив эффективность системы:

$$P_1 = \frac{P + (T_2 - T_1) \times \Lambda_2}{(1 + \Lambda_2 / \Lambda_1)} \quad (5)$$

Пример. Зададим следующие значения рассматриваемых величин:
 $P = 100 \text{ Вт/м}^2$; $T_1 = 25^\circ\text{C}$; $\delta_1 = 0,04 \text{ м}$; $\delta_2 = 0,25 \text{ м}$; $\lambda_{B1} = \lambda_{B2} \cong 1 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$; $\alpha_n \cong 9 \text{ Вт/м}^2\text{C}$.



Графики зависимости $P_1(T_2)$ для данного примера представлены на рис.2.

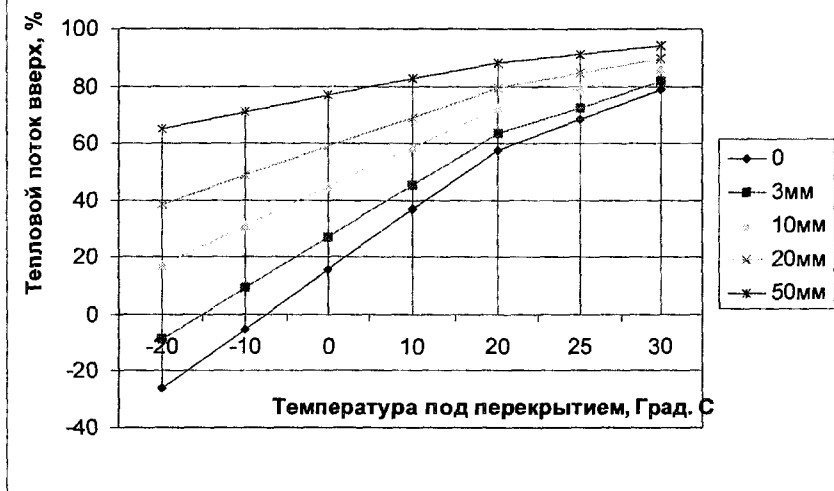
Рис. 2. Распределение тепловых потоков и температуры поверхности

Зависимость $P_1(\delta_{из})$ можно построить в явном виде, где как параметр будет выступать T_2 – температура воздуха под перекрытием. Принимаем $\lambda_{из} = 0,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$.

На рис.3 показана зависимость от толщины теплоизоляции величины теплового потока вверх от греющего кабеля.

Из этих графиков можно оценить эффективность применения теплоизоляции для разных условий эксплуатации системы «теплый пол».

Рис 3. Зависимость теплового потока вверх (%) от толщины изоляции под кабелем



Например, при наличии внизу теплого помещения (типичная картина для многоэтажных домов) и температуры под потолком в этом помещении близкой к 25°C, эффективность применяемых теплоизоляционных материалов низкая и необходимость ее применения далеко не очевидна.

С уменьшением температуры под основанием пола (холодный подвал, балкон, земля и т.п.) и увеличением толщины теплоизоляции эффективность системы «теплый пол» значительно возрастает. При установке системы на балконе и при отсутствии теплоизолятора вообще невозможно достичь желаемого эффекта!