

ВИБІР ТОВЩИНИ ЕЛЕКТРОПІДЛОГИ ПРИМІЩЕННЯ З ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАБЕЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ОПАЛЕННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНОЇ ДІЇ (ЕКСО-ТА)

У КиївЗНДІЕП ведуться роботи по створенню в житлових будинках комфортних теплових умов з одночасним зниженням енергоспоживання. Ця мета досягається використанням електричної кабельної системи опалення підлогою, що гріє, працюючої в теплоаккумуляційному режимі (ЕКСО-ТА). При цьому в підлогу укладається низькотемпературний кабель під шаром бетонного покриття, рис. 1, що акумулює теплоту, яка виділяється вночі і віддається приміщенню протягом усієї доби. У цьому випадку використовується, за пільговим тарифом, дешева «нічна» електроенергія.

Для широкого впровадження електричної кабельної системи опалення — як базової системи опалення житлових будинків масової забудови в Україні — КиївЗНДІЕП разом з Науково-виробничим підприємством «Елетер» провів комплексні теоретичні [1] і експериментальні [2] дослідження теплового режиму житлових будинків з ЕКСО-ТА.

Для досліджуваного приміщення розроблені фізико-математична модель і метод розрахунку нестационарної нелінійної задачі теплового стану приміщення для умов роботи електропідлоги в акумуляційно-переривчастому режимі [1]. Метод заснований на використанні кінцевих інтегральних перетворень для рішення лінійних задач теплопровідності одношарових огорожень.

Експериментальні дослідження проведені на моделі кутового приміщення багатопверхового житлового будинку, виконаної в натуральну величину, у кліматичному комплексі КиївЗНДІЕП [2]. На підставі проведених теоретичних і експериментальних досліджень виявилось, що досліджена конструкція електропідлоги товщиною $\delta = 90$ мм придатна для опалення житлових приміщень у безупинному цілодобовому режимі у всьому діапазоні зовнішніх температур, характерних для всіх регіонів України, аж до зовнішньої температури найбільш холодної п'ятиденки $t_n = -25$ °С. Без будь-яких доробок досліджена конструкція може бути застосована також для експлуатації в житлових приміщеннях з переривчастим опаленням при температурах зовнішнього повітря не нижче $t_n = -5$ °С.

Для можливості використання електропідлоги в акумуляційно-переривчастому режимі при температурах зовнішнього повітря нижче $t_n = -5^\circ\text{C}$ необхідна розробка заходів:

- а) конструктивного характеру;
- б) режимного характеру роботи електропідлоги.

У даній статті розглянемо вплив на температуру поверхні підлоги, а також на амплітуду коливання температури внутрішнього повітря такого істотного конструктивного параметра, як товщина теплоакуючого шару.

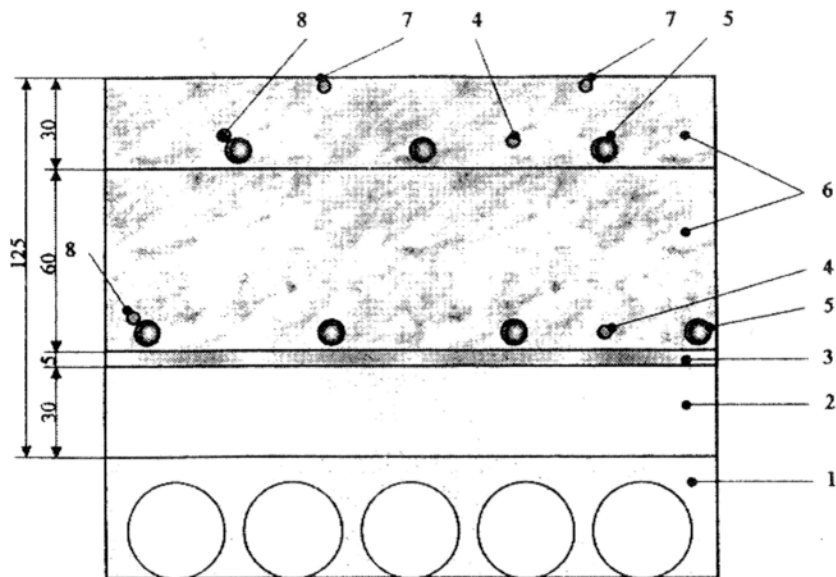


Рис. 1. Розріз електропідлоги конструкції НПП “Елетер”:

- 1 — плита перекриття; 2 — теплоізоляція Roofmate; 3 — відбивна ізоляція фольгоізол;
- 4 — датчик температури підлоги; 5 — нагрівальні кабелі; 6 — бетонний шар; 7 — датчики температури верхнього шару підлоги; 8 — датчики температури кабелю

Для вирішення цієї задачі була використана розроблена й експериментально підтверджена методика КиївЗНДІЕП [1] і спеціально нами складена комп’ютерна програма “Тепловий режим приміщення з електропідлогою, що працює в акумуляційно-переривчастому режимі, і з тришаровими зовнішніми конструкціями”.

Вплив товщини теплоакуюлюючого шару підлоги на нормативні параметри теплового режиму приміщення

Випробувана конструкція підлоги з 90-міліметровим бетонним шаром у світовій практиці є однією з мінімальних по товщині бетонної подушки, розташованої над системою кабелів, що гріють. При роботі електропідлоги важливе значення має теплоємність цієї бетонної маси, що згладжує теплові коливання, викликані переривчастим надходженням теплоти, рис. 2. Тому збільшення товщини підлоги за рахунок його бетонної частини може зіграти позитивну роль у вирішенні задачі досягнення нормативного значення максимальної температури електропідлоги, що працює в акумуляційно-переривчастому режимі.

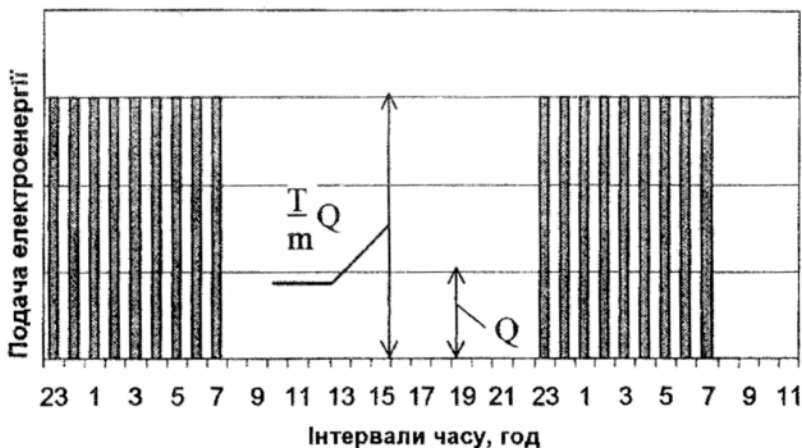


Рис. 2. Графік подачі електроенергії в опалювальну систему протягом доби

Варто особливо підкреслити, що тепловіддача від вбудованого кабелю, що гріє, у товщі підлоги має переривчастий характер, див. рис. 2. Протягом періоду “зарядки” підлоги тепловіддача постійна. Тепловий потік від кабелю, що гріє, до зовнішньої поверхні підлоги проходить через шар бетону b , див. рис. 1, що акумулює теплоту і є своєрідним фільтром, який перетворює тепловий потік з переривчастого в гармонійний — косинусоїдальний. Теплова хвиля, що пройшла через цей бетонний шар b від електрокабелю до поверхні підлоги, згасає по амплітуді і зміщується по фазі. Фізика процесу одержання коливань температури на поверхні електропідлоги аналогічна одержанню коливань на поверхні теплоакуюлюючих приладів (ТАП), досконально досліджених у класичних роботах [3, 4]. При цьому слід зазначити, що при вико-

ристанні електричної кабельної системи опалення з теплоакумулюючим ефектом — ЕКСО-ТА в акумулюванні теплової енергії при “зарядці” бере участь не тільки цей шар бетону, але і стіни, стеля і меблі приміщення. Ця своєрідність є наслідком того, що менше половини теплоти від підлоги до повітря приміщення передається безпосередньо конвекцією, а більше половини – на стіни й інші предмети приміщення випромінюванням. Потім акумульована в них теплота витрачається на нагрівання внутрішнього повітря і компенсацію теплових утрат приміщення протягом усієї доби. У розрахунках приміщення з електропідлогою необхідно підібрати таку конструкцію підлоги і такий режим його роботи, щоб при заданій теплотривкості приміщення і переривчастому графіку “зарядки” підлоги в даному приміщенні не створювалися б відхилення від норми тих параметрів, від яких залежить комфорт людини: необхідно, щоб температура електропідлоги не перевищувала б допустимої за санітарними нормами, а амплітуда коливань температури внутрішнього повітря була б мінімальною.

Для зручності використання результатів експериментів розрахунки були проведені для приміщення в усьому, крім товщини підлоги, ідентичного дослідженій моделі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_{н} = -24\text{ }^{\circ}\text{C}$, що спостерігалася в випробуваннях з переривчастим режимом опалення. Вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики конструкцій приміщення, що обгороджують

Найменування конструкцій	Властивості конструкцій, що обгороджують				
	Площа, F, м ²	Товщина, δ, м	λ, Вт/(м · ДО)	с, Дж/(кг · ДО)	ρ, кг/м ³
Стіна зовніш. фасадна	4,66	0,43	0,179	843	1726
Вікно	2,1	0,32	0,0525	841	938
Стіна зовніш. торцева	11,42	0,43	0,179	843	1726
Стіна внутр. глуха	6,76	0,16	2,04	840	2400
Стіна внутр. із дверима	11,42	0,16	2,04	840	2400
Стеля	13,35	0,16	2,04	840	2400
Підлога	13,35	Варіанти	2,04	840	2400

Витрати приточного повітря були прийняті рівними $V = 42,4\text{ м}^3/\text{ч}$.

Для наочності результати по залежності температури поверхні електропідлоги й амплітуди коливань температури внутрішнього повітря були представлені в безрозмірних одиницях, віднесених до аналогічних результатів розрахунку вихідного варіанта (підлога з товщиною бетонного шару $\delta_1 = 90\text{ мм}$). Розрахунки були виконані для товщини підлоги, що змінюється дискретно від вихідного значення 90 мм до максималь-

ного 270 мм через кожні 45 мм. Результати розрахунку варіантів представлені у відносних одиницях у табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку по залежності параметрів процесу від товщини підлоги

№ п/п	Товщина підлоги δ , м	0,09	0,135	0,18	0,225	0,27
		Безрозмірні параметри				
1	Максимальна температура поверхні підлоги	1,0	0,91	0,85	0,81	0,78
2	Амплітуда коливання температури поверхні підлоги	1,0	0,67	0,49	0,35	0,25
3	Амплітуда коливання температури повітря	1,0	0,68	0,45	0,31	0,2

Отримані дані показують, що при переривчастому режимі роботи електропідлоги зі збільшенням товщини підлоги різко зменшується амплітуда коливань температури: 3-кратне збільшення товщини супроводжується 4-кратним зменшенням амплітуди коливань температури поверхні підлоги, позиція 2 (див. табл. 2), і 5-кратним зменшенням амплітуди коливань температури повітря, позиція 3. Безрозмірні залежності цих і деяких інших параметрів процесу, представлені графічно на рис. 3 (криві 1 і 2, відповідно).

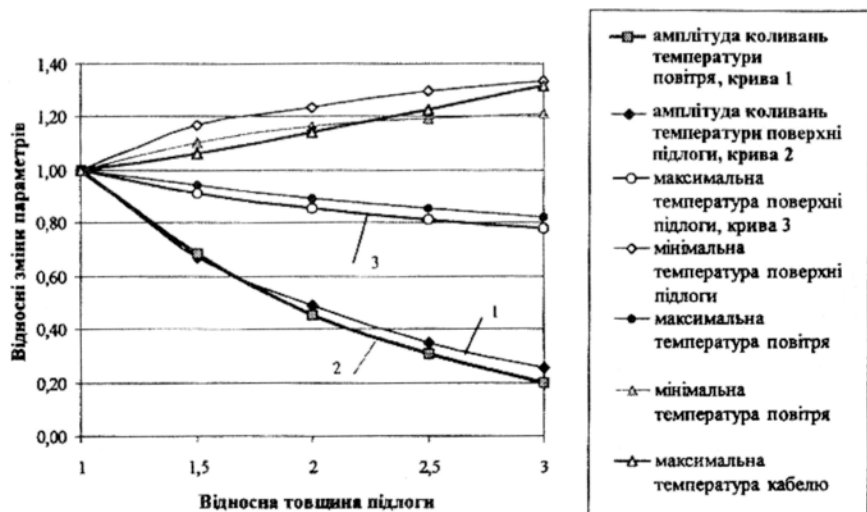


Рис. 3. Залежність амплітуд коливань температури поверхні підлоги та температури повітря від товщини підлоги

Отримані безрозмірні залежності дозволяють визначити значення очікуваних температур, використовуючи значення експериментальних даних. Прогнозовані температури нормативних показників електропідлоги – максимальної температури поверхні й амплітуди коливання температури повітря в опалювальному приміщенні, наведені на рис. 4. Там же показана очікувана температура кабелю, що гріє.

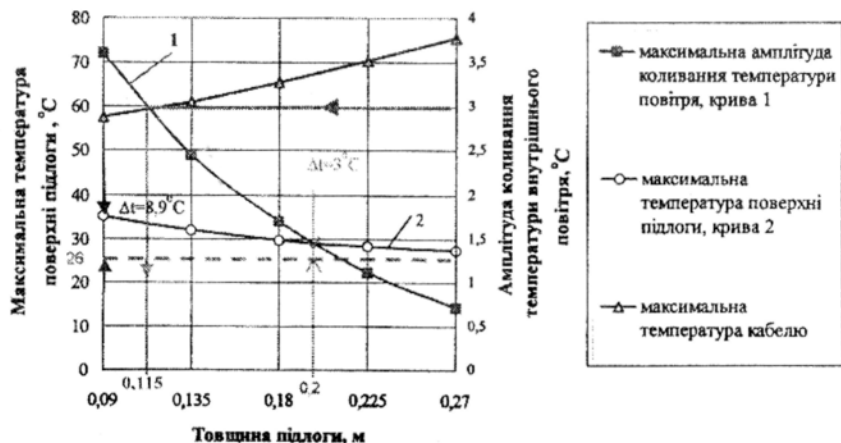


Рис. 4. Вплив товщини підлоги на нормативні параметри

Аналізуючи отримані результати, неважко бачити, що найбільш легко вирішується задача зниження до норми амплітуди коливань температури повітря в приміщенні $A = \pm 3^\circ\text{C}$ (крива 1, шкала правої осі, див. рис. 4). Для цього досить з точки $A = +3^\circ\text{C}$ осі амплітуди коливань температури внутрішнього повітря провести перпендикуляр до перетину з кривою 1, а з точки їхнього перетину опустити перпендикуляр на вісь товщини підлоги. При цьому отримуємо результат — досить збільшити товщину підлоги до $\delta = 115$ мм. Однак це не приводить до отримання нормативної величини температури поверхні підлоги: у всьому розглянутому діапазоні товщин від 90 мм до 270 мм (а ще більше стовщення підлоги навряд чи доцільне) значення максимальної температури підлоги (крива 2) при його роботі в переривчастому режимі залишаються вище норми $\tau_n = +26^\circ\text{C}$. Але якщо для існуючої електропідлоги з товщиною 90 мм перевищення норми складало $8,9^\circ\text{C}$ (див. рис. 4), то для підлоги товщиною 200 мм це перевищення складе усього близько 3°C , що істотно полегшує пошук і здійснення інших заходів, наприклад, застосування пікових опалювальних приладів, потужність яких знижу-

ється. Тому при вирішенні задач теплового режиму приміщення з ЕКСО-ТА варто враховувати розглянутий спосіб зниження максимальної температури поверхні електропідлоги і зменшення добових коливань температури внутрішнього повітря шляхом збільшення її товщини.

Висновки

Таким чином, вирішення задачі теплового режиму приміщень з ЕКСО-ТА по вибору товщини електропідлоги показало можливість розв'язання практично будь-яких задач такого типу за допомогою розробленої в КиївЗНДІЕП методики розрахунку теплового стану житлових приміщень. Важливим є можливість одночасного обліку декількох параметрів, які тією чи іншою мірою впливають на тепловий стан приміщення з електропідлогою.

Використана література

1. Черних Л. Ф. Фізико-математична модель теплового режиму приміщення з електротеплоаккумуляційною системою опалення підлогою, що гріє. — Будівництво України, 2002. — № 5. — С. 36—39.
2. Шевельов В. Б., Розинський Д. Й., Черних Л. Ф., Польовий П. П. Експериментальні дослідження натурної моделі житлового приміщення, обладнаного ЕКСО. — Будівництво України, 2002. — № 3. — С. 16—20.
3. Богословский В. Н., Малявина Е. Г., Гилюс А. Ю. Электротеплоаккумуляционная система отопления сельского дома. — Водоснабжение и санитарная техника. 1985. — № 8. — С. 19—20.
4. Табунчиков Ю. А., Гилюс А. Ю., Богословский В. Н., Малявина Е. Г. Рекомендации по теплотехническому расчету электроаккумуляционной системы отопления. НИИ строительной физики Госстроя СССР, Литовский НИИ строительства и архитектуры Госстроя Литовской ССР и МИСИ им. В. В. Куйбышева. — Каунас, 1986. — 28 с.