



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**



**ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК
(ПРЕДСТАВНИЦТВО В КИЄВІ)**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

**ДЕВ'ЯТОЇ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**ІНТЕГРОВАНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В АРХІТЕКТУРІ ТА БУДІВНИЦТВІ:**

«ЕНЕРГОІНТЕГРАЦІЯ-2019»



**24-26 квітня 2019 р.
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Україна, Київ, Повітрофлотський проспект, 31

ОРГАНІЗАТОР КОНФЕРЕНЦІЇ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

СПІВОРГАНІЗАТОР КОНФЕРЕНЦІЇ

ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК (ПРЕДСТАВНИЦТВО В КИЄВІ)

КОНФЕРЕНЦІЯ ВІДБУВАЄТЬСЯ ЗА ПІДТРИМКИ:

Міністерства освіти і науки України;
Міністерства регіонального розвитку, будівництва
та житлово-комунального господарства України;
Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України;
Київської міської державної адміністрації;
Інституту технічної теплофізики НАН України;
Всеукраїнської благодійної організації «Інститут місцевого розвитку» (ІМР);
Української асоціації з прикладної геометрії;
Міжгалузевої асоціації «Укртеплокомуненерго»;
Асоціації енергоаудиторів України;
Академії будівництва України

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Куліков П.М. – голова (Україна)
Собчук Г. – співголова (Польща)
Плоский В.О. – заступник голови (Україна)

Басок Б.І. – Україна
Бондар О.А. – Україна
Гламаздін П.М. – Україна
Гегер А.Д. – Україна
Генчев З. – Болгарія
Довгалюк В.Б. – Україна
Дудзінська М. – Польща
Кащенко Т.О. – Україна
Климчук М.М. – Україна
Кожедуб С.А. – Україна
Кочетов Г.М. – Україна
Ландолфі М. – Італія

Наконечний В.І. – Україна
Панько О.М. – Україна
Підгорний О.Л. – Україна
Пугачов Є.В. – Україна
Приймак О.В. – Україна
Савчук С.Д. – Україна
Седнін В.О. – Білорусь
Сергейчук О.В. – Україна
Скочко В.І. – Україна
Тормосов Р.Ю. – Україна
Цанев Д. – Болгарія
Червилов Л. – Норвегія

МЕТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Системне дослідження проблем енергоресурсозбереження та застосування альтернативних джерел енергії в архітектурі, будівництві та суміжних галузях шляхом інтеграції архітектурно-планувального, конструктивного та інженерно-технологічного рівнів проектування, будівництва й експлуатації.

МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ КОНФЕРЕНЦІЇ

03037, Україна, Київ, Повітрофлотський проспект, 31,
Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА).
Пленарні засідання проходять у залі Вченої ради КНУБА, ауд. 466.

ТЕМАТИКА ЗАСІДАНЬ

- Енергоефективна архітектура та містобудування, сучасні енергоефективні конструктивні рішення та матеріали. Математичне та комп'ютерне моделювання в дослідженні об'єктів, процесів та систем енергозбереження.
- Розвиток законодавчої бази в галузі енергоефективності. Енергоменеджмент та економіка енергоресурсозбереження. Сучасні освітні та інформаційні проекти присвячені енергоефективності.
- Енергоресурсозбереження. Енергоефективні системи та технології енергогенерації, транспортування і споживання енергії. Комп'ютерні технології проектування та розрахунку систем теплогазопостачання.
- Технології нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в енергоощадній архітектурі та будівництві.
- Інтеграція проблем енергоефективності в архітектурі та будівництва: ідеологія та концепції розвитку; інтегроване використання енергоощадних архітектурних, конструктивних та інженерно-технологічних рішень.

ЕКСПОЗИЦІЙНА ПРОГРАМА

Під час проведення конференції бажаючим учасникам надається можливість для презентації науково-технічних розробок з енергоощадної архітектури, енергозберігаючих технологій, новітніх будівельних матеріалів та виробів, науково-методичних праць та рекламно-інформаційних друкованих матеріалів.

ПУБЛІКАЦІЇ

За результатами конференції будуть відібрані наукові праці, що будуть опубліковані в спеціальному випуску фахового науково-технічного збірника «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». До збірника увійдуть статті, що були подані в зазначений термін, відповідають усім вимогам до оформлення, містять наукову й практичну новизну й були схвалені науковим та організаційним комітетами конференції, та будуть надруковані після проведення конференції. Оргкомітет залишає за собою право редагувати та скорочувати надіслані матеріали. Відповідальність за зміст і редакцію несе автор статті.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Куліков П.М. – голова організаційного комітету (КНУБА)
Генрик Собчук – співголова організаційного комітету (PAN, Польща)
Плоский В.О. – заступник голови організаційного комітету (КНУБА)
Скочко В.І. – керівник робочого комітету (КНУБА)
Івахненко І.С. – керівник технічного комітету (КНУБА)
Кожедуб С.А. – голова секретаріату (КНУБА)

Андропова О.В. (КНУБА)
Бовда Т.М. (КНУБА)
Вексларська Т.В. (КНУБА)
Гегер А.Д. (КНУБА)
Гламаздін П.М. (КНУБА)
Гореленко О.О. (КНУБА)
Копасова Г.В. (КНУБА)
Климчук М.М. (КНУБА)
Підлуцький В.Л. (КНУБА)
Лаврухіна К.О. (КНУБА)

Лісун І.С. (КНУБА)
Плоска Г.В. (КНУБА)
Приймак О.В. (КНУБА)
Сахаров В.В. (КНУБА)
Скочко Л.О. (КНУБА)
Тормосов Р.Ю. (ІМР)
Черненко А.Д. (КНУБА)
Шарапа С.П. (КНУБА)
Шовківська В.В. (КНУБА)
Ященко О.Ф. (КНУБА)

ЗМІСТ

Володимир Єгорченков, Лідія Коваль, Дмитро Радомцев, Олег Сергейчук.....	6
Аналіз заходів з підвищення енергоефективності у новій редакції норм з природного і штучного освітлення	
Поцелуєва Наталія Василівна.....	8
Використання енергозберігаючих склопакетів при проектуванні, будівництві та експлуатації наркологічних реабілітаційних центрів	
Борис Басок, Мирослав Ткаченко, Олександр Недбайло, Ігор Божко, Марина Новіцька.....	10
Експериментальні дослідження теплотехнічних параметрів ґрунтових теплообмінників системи геотермальної вентиляції	
Ірина Івахненко.....	12
Стандарт енергоефективності як складова інноваційного девелопменту в будівництві	
Борис Басок, Олександр Недбайло, Олена Тутова, Мирослав Ткаченко, Ігор Божко.....	14
Аналіз комплексної модернізації радіаторної системи теплопостачання будівлі на базі використання теплового насосу «повітря-вода»	
Василь Клапченко, Григорій Краснянський, Ірина Азнаурян, Ірина Кузнецова	16
Ресурсозбереження в технології бетелів	
Olena Gumen, Irina Selina, Roman Selin.....	18
Finite element modelling of welded joints phase composition	
Анна Муляр, Юлія Кольчик.....	20
Термосанація багатоповерхових будинків типу БПС – 6	
Boris Basok, Vladimir Novikov, Tetyana Belyaeva, Lilia Kuzhel.....	22
Radiation-convective heat transfer of buildings with the environment under the influence of solar radiation	
Олександр Приймак, Микита Очеретянко.....	24
Експериментальні дослідження мікроклімату опалювального приміщення при комбінованому застосуванні водяного опалювального приладу та електричного інфрачервоного випромінювача	

Ресурсозбереження в технології бетелів

Василь Клапченко, Григорій Краснянський, Ірина Азнаурян, Ірина Кузнецова

Київський національний університет будівництва і архітектури, 31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

АНОТАЦІЯ

На основі аналогії з теорією фазових переходів і теорії протікання отримані рівняння, які дозволяють призначати оптимальну концентрацію електропровідних добавок і уточнювати технологію бетелів із заданою електропровідністю, що забезпечує зниження вартості за рахунок економії провідного наповнювача і підвищення якості матеріалу.

Ключові слова: бетели, електропровідні добавки, теорія протікання

1. ВСТУП

В енергетичному і транспортному будівництві широко застосовуються бетели на основі дрібнозернистих бетонів з електропровідними добавками в концентраціях, які, як правило, перевищують поріг протікання [1]. Ресурсозберігаючі технології бетелів ґрунтуються головним чином на економії електропровідних добавок, яка може бути досягнута за рахунок введення їх у бетон в концентраціях, менших за поріг протікання, з відповідним зниженням вартості матеріалу і підвищенням його будівельно-технічних характеристик. Відомі рівняння [2, 3] не дозволяють надійно розраховувати електропровідність бетелів такого складу.

2. МЕТА РОБОТИ

Отримання рівнянь для розрахунку оптимальної концентрації електропровідних добавок, що забезпечують задану електропровідність бетелів.

3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ БЕТЕЛІВ

На основі аналогії з теорією фазових переходів (гіпотези подібності) і теорії протікання [3-5] отримані рівняння для розрахунку електропровідності σ цементного каменю з електропровідним наповнювачем при концентраціях x нижчих за поріг протікання x_c .

Керуючись [3], представимо комплексну провідність даної системи (вважаємо, що прикладене поле є квазістационарним) у вигляді:

$$\hat{\sigma} = \sigma_d f(x, \hat{z}), \quad (1)$$

де

$$\hat{z}(\omega) = \frac{\hat{\sigma}_c(\omega)}{\sigma_d(\omega)}, \quad (2)$$

$$\hat{\sigma}_c(\omega) = \sigma_c - i \frac{\omega}{4\pi} \varepsilon_c, \quad (3)$$

і на достатньо низьких частотах, при яких $\sigma_d \gg \omega \varepsilon_d / (4\pi)$,

$$\hat{\sigma}_d(\omega) = \sigma_d. \quad (4)$$

В (1) – (4) σ_c і σ_d – статичні електропровідності, відповідно, цементного каменю і добавки; ε_c – статична

діелектрична проникність цементного каменю; ω – циклічна частота струму.

З урахуванням (3) та (4)

$$\hat{z}(\omega) = h - i \frac{\omega \varepsilon_c}{4\pi \sigma_d}, \quad (5)$$

де

$$h = \frac{\sigma_c}{\sigma_d}. \quad (6)$$

В критичній області x , де $|x_c - x| \ll 1$ (далі введемо позначення $x_c - x = \tau$), функція f відповідно до гіпотези подібності має вигляд

$$f = \frac{\hat{z}}{\tau^q} \left(A_1 + A_2 \frac{\hat{z}}{\tau^{t/s}} \right), \quad (7)$$

де A_1, A_2 – константи; t, q, s – критичні індекси теорії протікання [4], зв'язані між собою співвідношенням

$$q = \frac{t(1-s)}{s}. \quad (8)$$

Розкладаючи функцію f в ряд за ступенями z при $z = 0$ і обмежуючись першими трьома членами розкладання, з (1) отримуємо:

$$\sigma(\omega, x) = \sigma_d \left(f(x, 0) + h \frac{\partial f(x, \hat{z})}{\partial \hat{z}} \Big|_{z=0} + \frac{1}{2} \left(h^2 - \left(\frac{\omega \varepsilon_c}{4\pi \sigma_d} \right)^2 \right) \cdot \frac{\partial^2 f(x, \hat{z})}{\partial \hat{z}^2} \Big|_{z=0} \right). \quad (9)$$

Використовуючи далі співвідношення (7), на підставі (9) знаходимо остаточний вираз для електропровідності цементного каменю з добавками:

$$\sigma = \sigma_d \left[A_1 h \tau^{-q} + A_2 \left(h^2 - \left(\frac{\omega \varepsilon_c}{4\pi \sigma_d} \right)^2 \right) \tau^{-p} \right], \quad (10)$$

де p – ще один критичний індекс:

$$p = t \left(\frac{z}{s} - 1 \right). \quad (11)$$

На відміну від відомих співвідношень, в (10) враховано ненульову провідність цементного каменю, причому

рівняння (10) є справедливим як для постійного струму, так і для змінних струмів з частотою до 15 кГц (в тому числі і для струмів промислової частоти).

Рівняння (10) спрощується, якщо врахувати, що при будь-яких частотах з діапазону $\nu < 15$ кГц виконується нерівність:

$$\frac{\omega \varepsilon_{\text{ц}}}{4\pi \sigma_{\text{д}}} \ll h. \quad (12)$$

При цьому (1) набуває вигляду

$$\sigma = A_1 \sigma_{\text{д}} h \tau^{-q}. \quad (13)$$

Справедливість (13) була перевірена для дрібнозернистого бетону на портландцементі М400 з добавками мідного порошку (розміри частинок близько 30 мкм), при цьому було отримано відповідність розрахованих і вимірних величин електропровідності в межах 20%.

Рівняння (13) дозволяє призначати концентрацію добавок в діапазоні 10-20% за об'ємом, що забезпечують задану електропровідність бетелів на портландцементі в межах 10^{-3} - 10^{-2} (Ом·м) $^{-1}$.

Для бетелів, що виготовляються методом пресування, отримано рівняння, яке враховує також вплив тиску пресування p на електропровідність в передпороговій області концентрацій.

Якщо припустити, що при прикладанні зовнішнього тиску зміна об'єму зразка V відбувається за рахунок стиснення ізолюючого середовища (в нашому випадку – гідросилікату кальцію і порового простору), а об'єм, який займала електропровідна фаза V_m , залишається незмінним (що в більшості випадків дійсно виконується), і ввести відповідний коефіцієнт стисливості

$$\beta = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}, \quad (14)$$

то для залежності $x(p)$ можна отримати:

$$x(p) = x_0 \exp\left(\int_{p_0}^p \beta(p) dp\right), \quad (15)$$

де x_0 – вихідна об'ємна концентрація електропровідного компонента; p_0 – початковий тиск.

Підставляючи (15) в (13) і апроксимуючи залежність $\beta(p)$ експоненційною функцією

$$\beta(p) = a \exp(-bp), \quad (16)$$

де a і b – константи, значення яких визначаються із зіставлення аналітичної залежності стисливості матеріалу β з експериментальною, знаходимо:

$$\sigma(p) = \sigma_{\text{ц}} \left(\frac{a}{b}\right)^{-q} \left[\exp(-bp) - \exp(-bp_0)\right]^{-q}. \quad (17)$$

Тут критичний тиск p_c , при якому для даної вихідної об'ємної концентрації добавки x_0 досягається поріг протікання, як впливає з (13) – (15), може бути обчислений за формулою

$$p_c = \frac{1}{b} \ln \left[\frac{b}{a} \ln \frac{x_0}{x_c} + \exp(-bp_0) \right]^{-1}. \quad (18)$$

І нарешті, підставляючи (18) в (17), знаходимо співвідношення, що зв'язує об'ємну концентрацію добавки у вихідній суміші і тиск пресування, необхідний для отримання матеріалу із заданим значенням електропровідності:

$$\sigma(p) = \sigma_{\text{ц}} \left[a \left(\exp(-bp) - \exp(-bp_0) \right) - \ln \frac{x_0}{x_c} \right]^{-q}. \quad (19)$$

Рівняння (19) дозволяє призначати оптимальну концентрацію електропровідного компонента, при якій вибраний тиск пресування забезпечує досягнення необхідної електропровідності.

Перевірка (19), яка була проведена для сумішей гідросилікату кальцію з мідним порошком, спресованих при тисках 100...1000 МПа, показала відповідність розрахованих і вимірних величин з точністю до 15%.

4. ВИСНОВКИ

Отримано рівняння для розрахунку електропровідності бетелів, які дозволяють призначати концентрацію електропровідних добавок у діапазоні 10-20% за об'ємом, що забезпечують задану електропровідність бетелів на портландцементі в межах 10^{-3} - 10^{-2} (Ом·м) $^{-1}$.

Для бетелів, що виготовляються методом пресування, отримано рівняння залежності електропровідності від тиску пресування за допомогою якого можна призначати оптимальну концентрацію електропровідного компонента, при якій вибраний тиск пресування забезпечує досягнення необхідної електропровідності.

Перевірка теоретичних залежностей, яка була проведена для дрібнозернистого бетону на портландцементі і гідросилікату кальцію з добавками мідного порошку показала відповідність розрахованих і вимірних величин з точністю до 15 - 20%.

Отримані рівняння дозволяють уточнювати склад і технологію приготування бетелів на основі гідралічних в'язучих із заданою електропровідністю, що забезпечує зниження вартості за рахунок економії провідного компонента і підвищення якості матеріалу.

Список літератури

- [1] Применение электрических неоднородных композитов в электросетевых конструкциях / Горелов С.В. [и др.]. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 359 с.
- [2] Efros A.L. Critical Behaviors of Conductivity and Dielectric Constant Near the Metal-nonmetal Transition / Efros A.L., Shklovskii B.I. // Phys. Status Solidi B. 1976. V.76, №2. P. 475.
- [3] Балагуров Б.Я. К теории дисперсии проводимости двухкомпонентных сред. ЖЭТФ. 1985. Т. 88, №5. С. 1664 – 1675.
- [4] Kirkpatrick S. Percolation and Conduction // Rev. Mod. Phys. 1973. V. 45, №4. P. 574 – 588.
- [5] Клапченко В.И., Краснянский Г.Е., Азнаурян И.А. Электрофизические исследования строительных материалов: Монография. К., 2002. 84 с.