

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ПРОШАРКУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НЕЖОРСТКОГО ТИПУ

© Горніковська І.Б., Каганов В.О., 2012

Проаналізовано методики розрахунку товщини теплоізоляційного прошарку конструкції дорожнього одягу для забезпечення морозостійкості земляного полотна, розглянуто існуючі методики розрахунку товщини теплоізоляційного шару дорожнього покриття та запропоновано новітні підходи і методику виконання таких розрахунків з врахуванням природно-кліматичних умов.

Ключові слова: дорожній одяг, морозозахисний шар, земляне полотно, зимове здимання, термічний опір, коефіцієнт теплопровідності.

This article presents analysis techniques for calculating the thickness of the insulation layer construction of pavement and subgrade of resistance, reviewed existing methods of calculating the thickness of the insulation layer of pavement and proposed new approaches and methods of this type of calculation taking into account the climatic data.

Key words: paving, frost-protective layer, road level, winter heave, temperature lag, coefficient of thermal conductivity.

Постановка проблеми. В умовах зростаючого транспортного навантаження, збільшення інтенсивності та швидкості руху по автомагістралях зростають витрати на капітальні та поточні ремонти автомобільних доріг для забезпечення безпеки руху на них. Якщо порівнювати довговічність дорожнього одягу на вітчизняних та закордонних об'єктах транспортної інфраструктури, то в Україні удвічі менший міжремонтний термін за практично однакових кліматичних умов експлуатації. Крім того, норми розрахунку та виконання дорожнього одягу в Україні та країнах Євросоюзу мають певні розбіжності та відрізняються застосовуваними матеріалами.

Одним із шляхів зниження вартості дорожньо-транспортної інфраструктури є впровадження у проектну та будівельну практику нових конструкцій дорожнього одягу, які би забезпечили високу якість покриття протягом гарантованого експлуатаційного періоду. Найефективнішим способом досягнення цього є запобігання процесу морозного здимання дорожнього полотна.

Мета і задачі досліджень. Замерзання ґрунтових вод безпосередньо під дорожнім полотном і, як наслідок, збільшення їх в об'ємі, під час відлиги призводить до значних деформацій дорожнього покриття. За таких умов термін бездефектної експлуатації дорожнього полотна значно скорочується, що, своєю чергою, призводить до необхідності їх ремонтувати в інтенсивнішому режимі.

Від наявності чи відсутності теплоізоляційного прошарку в конструкції дорожнього одягу залежить якість та довговічність автодоріг і міських магістралей, а також експлуатаційні витрати на капітальні та поточні ремонти транспортної інфраструктури.

Сьогодні існує достатньо методик для розрахунку водно-теплого режиму дорожнього одягу. Методики розрахунку параметрів ефективного теплоізоляційного прошарку дорожнього одягу, яка би враховувала фактичні показники теплопровідності шарів дорожнього одягу та виключала можливість морозного здимання дорожнього полотна у практиці проектування та будівництва автодоріг на території України, сьогодні немає. У зв'язку з цим наукова проблема раціонального використання конструктивних рішень дорожнього одягу з ефективним теплоізоляційним прошарком є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У результаті аналізу методик та способів розрахунку товщини теплоізоляційного шару дорожнього одягу можна сказати, що цей процес є складним і розрахувати його достовірно не завжди можливо. Саме тому до сьогодні використовують декілька методик [8, 9]:

– методика проф. В.І. Рувінського – заснована на розрахунку за термічним опором (застосовується для розрахунку дорожнього одягу в Російській Федерації, Білорусії);

– методика проф. И.А. Золотаря – заснована на використанні як характеристики ґрунту коефіцієнта вологопровідності, який визначається експериментально (допускається застосовувати для розрахунку конструкцій дорожнього одягу в РФ, Білорусії та Україні);

– методика Н.А. Пузакова і М.Б. Корсунського – заснована на кліматичних характеристиках цього регіону (критеріях зимового вологонакопичення під дорожнім одягом і зимового морозного здимання (рекомендована до використання нормами в Україні – ВБН В.2.3.-218-186-2004). Ця методика в своєму первісному вигляді вимагає значної кількості розрахунків, тому для полегшення техніки розрахунку можна (нормами рекомендовано) використовувати номограму Корсунського М.Б.;

– методика В.М. Сіденко – заснована на розрахунку за термічним опором, розрахунковою температурою повітря та глибиною нульових амплітуд температур (ця методика не є поширеною, оскільки вимагає великої кількості параметрів, які не завжди можна отримати в процесі оцінювання стану дорожнього одягу);

– методика Н.В. Орнатовського – заснована на глибині промерзання ґрунту та експериментальних коефіцієнтах. Суть цієї методики полягає у вирівнюванні границь промерзання земляного полотна під проїжджою частиною дорожнього одягу і тротуаром (обочиною).

Результати досліджень. Наведений у будівельних нормах України розрахунок конструкції дорожнього одягу на морозостійкість має на меті забезпечення необхідної стійкості дорожнього покриття проти порушення стійкості за нерівномірного набухання ґрунтів земляного полотна, тобто не допускається поява деформацій від морозного здимання, які перевищують гранично допустимі параметри. Але цей розрахунок фактично не враховує реальних теплотехнічних характеристик матеріалів, що застосовуються в конструкції дорожнього одягу. Натомість рекомендується застосовувати еквівалент теплотехнічних властивостей матеріалів дорожнього одягу. Такий метод розрахунку є застарілим морально та малоефективним тому, що не відображає реальних теплотехнічних характеристик новітніх матеріалів, які можуть бути застосовані для влаштування теплоізолюючого шару дорожнього одягу при використанні сучасних проектних рішеннях. Тому доцільніше користуватись для розрахунку дорожнього одягу на морозостійкість методикою, запропонованою проф. В.І. Рувінським.

Ця методика вимагає даних приведеного чи необхідного термічного опору теплопередавання для конкретної місцевості. ОАО Державний науково-дослідний інститут „СОЮЗДОРНИИ” у співпраці з провідними виробниками екструдованого пінополістиролу в РФ визначив для більшості регіонів необхідні показники термічного опору дорожніх конструкцій, з якими можна ознайомитися у відповідних літературних джерелах [2–5].

Для запровадження цієї методики розрахунку дорожніх конструкцій у проектну практику в Україні необхідно насамперед встановити (визначити) необхідні показники термічного опору для усіх регіонів України та створити нормативно-довідникову базу для визначення цих параметрів. Для визначення необхідних параметрів необхідно застосувати основні залежності передавання тепла в диференціальному та аналітичному вигляді з метою отримання конкретних значень.

Загалом промерзання конструкції дорожнього одягу і земляного полотна під ним характеризується законом Фур'є (рівняння теплопровідності — рівняння, що визначає закон зміни температури з часом під час теплопередавання через теплопровідність)

$$c \frac{dT(r)}{dt} = -\nabla q(r) + S(r), \quad (1)$$

де c – питома теплоємність, q – тепловий потік, S – джерело тепла.

У випадку, коли тепловий потік пропорційний градієнту температури, залежність (1) набуває вигляду:

$$q = -k\nabla T, \quad (2)$$

де q – потік тепла, T – температура, а k – певний коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт теплопередавання).

Тобто закон теплопровідності Фур'є можна сформулювати так:

$$c \frac{dT}{dt} = k\nabla^2 T + S. \quad (3)$$

Як бачимо, теплопровідність є функцією від часу t , температури T і коефіцієнта пропорційності k :

$$q = f(t, T, K), \quad (4)$$

Коефіцієнт пропорційності k або коефіцієнт теплопередавання дорівнює

$$k = \frac{1F}{d}, \quad (5)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, F – площа, через яку проходить тепловий потік, а δ – товщина матеріалу, крізь який проходить тепловий потік.

Тоді диференційне рівняння теплопровідності матиме такий аналітичний вигляд:

$$Q = \frac{1F}{d} \times \Delta t = \frac{1F}{d} (t_m - t_x), \quad (6)$$

де Δ – різниця температур, t_m – температура теплої зони (поверхні), t_x – температура холодної зони (поверхні).

У випадку дорожнього одягу різницею температур необхідно вважати різницю між температурою найхолоднішої п'ятиденки для певного регіону і температурою під конструкцією дорожнього одягу.

Якщо термічний опір R визначати як величину, обернену до коефіцієнта теплопередавання k , тобто $R = 1/k$, а площу передавання тепла визнати як 1 м^2 , то рівняння для теплового потоку набуде вигляду:

$$q = k(t_m - t_x) = \frac{t_m - t_x}{R}. \quad (7)$$

Своєю чергою, термічний опір для одношарової конструкції визначається за формулою:

$$R = \frac{d}{l}. \quad (8)$$

Оскільки конструкція дорожнього одягу – це багатошарова конструкція, то термічний опір слід визначати за такою формулою:

$$R = \frac{1}{a} + \sum R_i = \frac{1}{a} + \frac{d_1}{l_1} + \frac{d_2}{l_2} + \frac{d_3}{l_3} + \frac{d_4}{l_4} + \dots + \frac{d_i}{l_i}. \quad (9)$$

Тобто загальний вираз для теплового потоку, що проходить через конструкцію площею F за одиницю часу τ , можна подати у вигляді:

$$q = \frac{t_m - t_x}{\frac{1}{a} + \frac{d_1}{l_1} + \frac{d_2}{l_2} + \frac{d_3}{l_3} + \frac{d_4}{l_4} + \dots + \frac{d_i}{l_i}}. \quad (10)$$

Якщо розглядати конструкцію дорожнього одягу в умовах експлуатації, то його термічний опір слід розглядати як функцію від товщини матеріалу δ , вологості W , температури матеріалу t і густини матеріалу ρ , тобто: $R = f(d, l) = f(d, W, t, r)$

Оскільки рівняння теплопровідності виведене на основі фундаментальних законів фізики, то ця залежність описує теплопровідність у загальному вигляді. Тому для отримання математичного результату необхідно з загальної кількості процесів виділити лише один – необхідний (характерний для конструкції дорожнього одягу). Для цього застосуємо умови однозначності (граничні умови).

Рівняння теплового потоку в загальному вигляді має вигляд:

$$q = k(t_m - t_x) = \frac{t_m - t_x}{R} \quad (11)$$

Розглянемо дві схеми дорожнього одягу (рис. 1). Перша схема дорожнього одягу характеризується певною кількістю шарів (три) і має термічний опір теплопередавання R_1 . Друга схема дорожнього одягу складається з інших матеріалів та має іншу кількість шарів (чотири) і для неї характерний опір теплопередачі R_2 . При цьому для обох конструкцій дорожнього одягу температура зовнішнього повітря становить t_x , а температура під дорожньою конструкцією становить t_r .

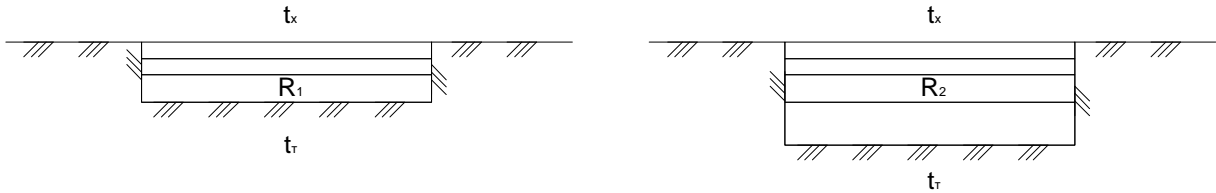


Рис. 1. Схема двох конструкцій дорожнього одягу з однаковими значеннями температур на поверхні конструкції полотна автодороги

Відповідно тепловий потік, що проходить через ці конструкції, становить:

$$q_1 = \frac{t_m - t_x}{R_1}; \quad (12)$$

$$q_2 = \frac{t_m - t_x}{R_2}. \quad (13)$$

Після елементарних математичних перетворень отримаємо такі рівняння:

$$q_1 R_1 = t_m - t_x; \quad (14)$$

$$q_2 R_2 = t_m - t_x. \quad (15)$$

Тобто залежності можна сформулювати так:

$$t_m - t_x = q_1 R_1 = q_2 R_2; \quad (16)$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (17)$$

Отже, теплові потоки, які проходять через різні конструкції за однакової різниці температур, обернено пропорційні термічному опорі теплопередачі цих конструкцій.

Якщо різні конструкції дорожнього одягу мають однаковий опір теплопередавання та однакову зовнішню температуру, але температура під кожним дорожнім одягом різна, то отримаємо (рис. 1):

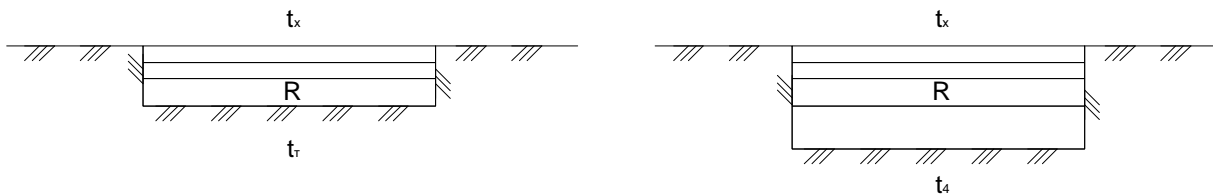


Рис. 1. Схема двох конструкцій дорожнього одягу з різними значеннями температур на поверхні конструкції полотна автодороги

За умови $R = \text{const}$ рівняння набудуть вигляду:

$$q_1 = \frac{t_m - t_x}{\text{const}}; \quad (18)$$

$$q_2 = \frac{t_4 - t_x}{\text{const}}. \quad (19)$$

Тобто

$$\text{const} = \frac{t_m - t_x}{q_1}; \quad (20)$$

$$\text{const} = \frac{t_4 - t_x}{q_2}. \quad (21)$$

Отже:

$$\frac{t_m - t_x}{q_1} = \frac{t_4 - t_x}{q_2}; \quad (22)$$

$$\frac{t_m - t_x}{t_4 - t_x} = \frac{q_1}{q_2}. \quad (23)$$

Порівнюючи визначені співвідношення (17) та (23), отримаємо:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{t_m - t_x}{t_4 - t_x}; \quad (24)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_m - t_x}{t_4 - t_x}. \quad (25)$$

Тобто співвідношення опорів теплопередачі різних дорожніх конструкцій є обернено пропорційним до різниці температур на зовнішній і внутрішній поверхнях цих конструкцій, тобто до різниці температур на поверхні дорожнього одягу – температури повітря найхолоднішої п'ятиденки для певного регіону і температури земляного полотна дорожнього одягу.

Якщо різниця температур на зовнішніх поверхнях конструкції змінюється, то це приводить до збільшення або зменшення теплового потоку, що проходить через цю конструкцію, оскільки величина теплового потоку прямо пропорційна різниці температур.

Для забезпечення умови $q = \text{const}$ у різних конструкціях з різним термічним опором необхідно враховувати таке:

$$q_1 = \text{const} = \frac{t_m - t_x}{R_1}; \quad (26)$$

$$q_2 = q_1 = \text{const} = \frac{t_4 - t_x}{R_1} - x, \quad (27)$$

де x – коефіцієнт пропорційності, який являє собою додатковий тепловий потік, тобто $x = f(t, R)$.

В аналітичному вигляді цю залежність можна подати так:

$$x = \frac{\Delta t}{R_1} = \frac{t_4 - t_m}{R_1}. \quad (28)$$

Для отримання числових значень слід розглянути не конструкцію дорожнього одягу, а ґрунт, що залягає масивом. Морозне здимання ґрунту земляного полотна дорожнього одягу відбувається тоді, коли його температура опускається нижче нуля. Додатніми температурами ґрунту характеризується шар, що залягає нижче глибини промерзання ґрунту.

Залежність термічного опору масиву ґрунту до глибини його залягання можна подати у вигляді:

$$R_{zp} = \frac{d}{l} = \frac{H_{mрз}}{l_{zp}}, \quad (29)$$

де $H_{mрз}$ – нормативна глибина промерзання з урахуванням поправки (ВБН В.2.3.-218-186-2004), $l_{гр}$ – теплопровідність ґрунту (приймаємо середнє значення теплопровідності мерзлого ґрунту за мінімальної і максимальної вологості – за методикою [9]).

Цей аналітичний вираз повною мірою відображає залежність $R = f(d, l) = f(d, W, t, r)$

Глибину промерзання встановлено на основі багаторічних спостережень у регіонах з певними природно-кліматичними характеристиками (температура повітря – найхолоднішої п'ятиденки,

відносна вологість повітря взимку тощо) та властивостями ґрунтів (вологість, щільність, швидкість поширення температур) – цю базу даних слід вважати достовірною.

Протягом останнього десятиліття в деяких країнах (США, Канада, ФРН, Фінляндія, Швейцарія та ін.) з метою зниження товщини морозозахисних шарів застосовують в дорожніх конструкціях прошарки з теплоізолюючих матеріалів, товщину яких вибирають так, щоб навіть за настання критичного морозного періоду нижня межа промерзання не досягла морозочутливих шарів (ґрунтових основ).

З метою забезпечення надійності експлуатації конструкції дорожнього одягу щодо зимового здимання необхідно забезпечити в основі ґрунту земляного полотна дорожнього одягу стабільну плюсову температуру, що запобігає замерзанню води в ґрунті і утворенню кристаликів льоду, які, збільшуючись в об'ємі і спричиняють процес зимового здимання. Така конструкція дорожнього одягу залишатиметься однаковою протягом усього року, що значно підвищить якість дорожнього покриття.

Температурний режим ґрунту, нижчий за річну температуру коливань, становить +4°C. Забезпечення цієї температури в основі земляного полотна дорожнього одягу гарантує сприятливий водно-тепловий режим основи покриття доріг.

З метою захисту конструкції дорожнього одягу від зимового здимання тепловий потік, що проходить через цю дорожню конструкцію, має дорівнювати або бути меншим за тепловий потік, що проходить через масив ґрунту до рівні глибини промерзання, тобто:

$$q_{zp} = \frac{\Delta t}{R_{zp}} = \frac{t_m - t_x}{R_{zp}}, \quad (30)$$

$$q_2 = q_{zp} = \frac{\Delta t}{R_2} = \frac{t_4 - t_x}{R_2}. \quad (31)$$

Отже

$$R_2 q_{zp} = t_4 - t_x, \quad (32)$$

$$R_2 = \frac{t_4 - t_x}{q_{zp}} = \frac{t_4 - t_x}{\frac{t_m - t_x}{R_{zp}}} = \frac{R_{zp} \times (t_4 - t_x)}{t_m - t_x} = \frac{\frac{H_{мпз}}{I_{zp}} \times (t_4 - t_x)}{t_m - t_x}, \quad (33)$$

де t_t – температура найхолоднішої п'ятиденки цієї місцевості; t_x – температура ґрунту нижче рівня промерзання (0°C); t_4 – рекомендована температура ґрунту в основі земляного полотна дорожнього одягу (+4°C); $H_{мпз}$ – нормативна глибина промерзання з урахуванням поправки; $\lambda_{гр}$ – теплопровідність ґрунту земляного полотна під конструкцією дорожнього одягу.

Усереднені значення для розрахунку температур найхолоднішої п'ятиденки у кожній зоні величини наведено в табл. 1. У виведену формулу доцільно підставляти (з метою уніфікації) середні значення опору теплопередавання мерзлого ґрунту у стані максимальної та мінімальної вологості.

Таблиця 1

**Усереднені значення температур найхолоднішої п'ятиденки
для кожної з температурних зон**

№ температурної зони	Розрахункова температура холодної п'ятиденки для цієї зони, t_x
I зона	- 22°C
II зона	- 20°C
III зона	- 18°C
IV зона	- 12°C

У результаті розрахунків на основі одержаної залежності та виведених усереднених розрахункових значень отримано величини необхідного термічного опору теплопередавання для дорожнього одягу автомобільних доріг, що розташовуються в певній кліматичній зоні (табл. 2).

Таблиця 2

Необхідна величина термічного опору конструкції дорожнього одягу

№ температурної зони	Глибина промерзання ґрунту, Нпрз., см	Необхідні значення опору теплопередавання дорожньої конструкції $R_{необ.}$, що розташовується на такому типі ґрунту, $м^2К/Вт$		
		пісок	супісок	суглинок і глина
I зона	165	1,054	1,455	1,598
	150	0,958	1,323	1,453
II зона	130	0,843	1,164	1,279
	110	0,714	0,985	1,082
III зона	95	0,628	0,867	0,952
IV зона	80	0,529	0,730	0,801

Застосовуючи в конструкції дорожнього одягу теплоізоляційний прошарок з монолітного пінобетону, треба розрахувати необхідну товщину цього прошарку за формулою:

$$R_{мен} = R_{необ} - R_{од}, \quad (34)$$

де $R_{теп}$ – опір теплопередавання теплоізоляційного прошарку $м^2К/Вт$; $R_{необ}$ – необхідний опір теплопередавання дорожньої конструкції, $м^2К/Вт$; $R_{од}$ – опір теплопередавання дорожньої конструкції, розрахованої з умов міцності, $м^2К/Вт$.

$$R_{од} = \frac{1}{\alpha} + \sum R_i = \frac{1}{\alpha} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i}, \quad (35)$$

де α – коефіцієнт теплообміну, що становить $\alpha = 25 \text{ Вт}/(м^2К)$; d_i – товщина i -го шару конструкції дорожнього одягу, м; λ_i – коефіцієнт теплопровідності i -го шару конструкції дорожнього одягу, $Вт/(мК)$.

$$h_{мен} = R_{мен} \times I_{мен}, \quad (36)$$

де $\lambda_{теп}$ – теплопровідність пінобетону, $Вт/(м К)$.

Отже, за наведеною методикою можна об'єктивно визначити товщину теплоізоляційного прошарку автомобільних доріг нежорсткого типу.

Висновки. Методика, яку запропонували автори статті для розрахунку дорожнього одягу, ґрунтується на основних положеннях проф. В.І. Рувінського із урахуванням наведених вище вдосконалень та впливу природно-кліматичних умов, що дає можливість визначити товщину теплоізоляційного шару.

Застосування запропонованої методики розрахунку та влаштування теплоізоляційного шару з неавтоклавного пінобетону при проектуванні і будівництві автомобільних доріг створює сприятливі умови для підвищення безпеки руху, зниження експлуатаційних витрат на підтримання вулиць та доріг в належному стані за збереження автомобільного парку користувачів автотранспортної мережі України.

1. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. – К.: Укравтодор, 2004. – 176 с. 2. Пособие по проектированию и устройству теплоизолирующих слоев дорожной одежды из пенополистирольных экструзионных плит “Экстрол”. – Балашиха: ОАО “СоюзДорНИИ”, 2007. – 49 с. 3. Проектирование и устройство теплоизолирующих слоев из экструдированного пенополистирола Styrofoam на автомобильных дорогах России: Стандарт организации. – М., 2007. 4. Теплоизоляционные слои дорожной одежды из пенополистирольных плит “Пеноплэкс”: Методические рекомендации по проектированию и устройству. – М.:

СоюзДорНИИ, 2001. 5. Пособие по проектированию и устройству теплоизолирующих слоев дорожной одежды из пенополистирольных экструзионных плит "Теплекс". – Балашиха, 2007. 6. Лундышев И.А. Комплексное применение монолитного пенобетона при строительстве в труднодоступных районах добычи энергоресурсов // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №4. – С. 16–20. 7. Коваль П.М., Фаль А.Є., Кушнір О.В., Усатов В.В. Перспективи використання пінобетону в дорожньому будівництві України // Дорожня галузь України. – 2008, №2. – С. 54–56. 8. Тулаев А.Я., Пузаков Н.А., Богатырева Е.И. Регулирование водно-теплового режима земляного полотна в городских условиях. – М.: Высшая школа, 1972. – 122 с. 9. Пузаков Н.А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. – М.: Научно-техническое издательство Министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР, 1960. – 168 с.

УДК 692.5

Б.Г. Демчина¹, О.Я. Литвиняк¹, Ю.М. Кунанець²
Національний університет "Львівська політехніка",
¹кафедра будівельних конструкцій та мостів,
²кафедра мостів та будівельної механіки

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОТКИХ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПІНОБЕТОНУ

© Демчина Б.Г., Литвиняк О.Я., Кунанець Ю.М., 2012

Наведено результати експериментальних досліджень коротких збірно-монолітних залізобетонних плит перекриття з використанням пінобетону під час випробування на згин. Пропонується використовувати такі плити перекриття для житлового та громадського будівництва. Припускається, що застосування збірно-монолітних залізобетонних плит перекриття з використанням пінобетону дасть змогу зменшити власну вагу перекриття, навантаження на фундамент, забезпечить добру звукоізоляцію між поверхами.

Ключові слова: збірно-монолітне перекриття, короткі залізобетонні плити перекриття, пінобетон, випробування на згин залізобетонних плит перекриття.

The results of experimental reseaches of short of collapsible-monolithic reinforced-concrete flags of ceiling with utilization of foam beton in test to crook. Propose utilization these flags of ceiling in apartment building and civil building. Intend that utilization of collapsible-monolithic reinforced-concrete flags of ceiling with utilization of foam beton enable reduce own weight of ceiling, load on foundation, provide good soundinsulation between floor.

Key words: collapsible-monolithic ceiling, short reinforced-concrete flags of ceiling, foam beton, test to crook reinforced-concrete flags of ceiling.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток будівництва спонукає до застосування нових матеріалів (пінобетону, газобетону та ін.), що надади б змогу зменшити матеріалоемність та собівартість будівництва, а також покращити екологічність та енергоощадність будівель. Порівняно із іншими теплоізоляційними матеріалами пінобетон має такі переваги: екологічність, паропроникність, морозостійкість, звукоізоляційність, вогнестійкість та ін. Вважаємо, що застосування збірно-монолітних залізобетонних плит перекриття з використанням пінобетону дає можливість:

- значно знизити затрати на утеплення підлог, горищ і покрівель будинків;
- зменшити власну вагу перекриття та навантаження на фундамент;
- забезпечити хорошу звукоізоляцію між поверхами;
- зменшити вартість будівництва.