

І.І. Капцов, О.І. Наливайко, О.В. Ромашко, Н.І. Капцова

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

## ЛАБОРАТОРНО-ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ ГІДРОФОБНОЇ ДОБАВКИ З ГРУПИ «RAMSINKS-2M» ДЛЯ БЕТОНІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАНЦІЙНИХ БЛОКІВ ТА БЛОКІВ ПЕРЕГІННИХ ТУНЕЛІВ З ВИСОКОЮ ВОДОНЕПРОНИКНІСТЮ

В роботі розглянуті проведенні експериментальні роботи та досліді по вибору оптимальних співвідношень ПТЦ 1-100 і гідрофобного матеріалу «Ramsinks-2МУ», дослідження гідрофобності сумішей, підбір рецептур-розчинів, дослідження технологічних властивостей сумішей. Експериментально доведено, що марку бетону з не проникності досягнуто W12, що не можливо отримати за рахунок ущільнення бетону. Наведено результати лабораторних випробувань бетонів з додаванням «Ramsinks-2МУ». Для підвищення водонепроникності бетонних протифільтраційних запон, підземних конструкцій будівель і споруд, резервуарів тощо запропоновано досягати високої водонепроникності бетону шляхом додавання до його складу гідрофобної добавки «Ramsinks-2МУ».

**Ключові слова:** метробудування, блоки перегінних тунелів, властивості бетону, гідроізоляційні матеріали, гідрофобні добавки до цементів, лабораторно-виробничі випробування.

### Постановка проблеми

Проведення кругового опорядження і тонеле-прохідницькі роботи в Україні вимагають правильного добору матеріалів для виготовлення блоків кругової обробки, а також гідроізоляційних матеріалів в залежності від геологічних і гідрологічних умов будівництва метро.

Такий добір матеріалів має суттєве значення, оскільки затрати на матеріали при спорудженні метро досягають 50 % від загальної вартості будівництва. Особливо це відчутно при проведенні гідроізоляційних робіт.

Застосування нових гідрофобних матеріалів типу «Ramsinks-2МУ» для виготовлення бетонів на спорудженні метро в м. Києві – є прогресивним напрямком в метробудуванні. Надійна гідроізоляція відтоків і отворів може бути досягнута за рахунок застосування водовідштовхуючої добавки «Ramsinks-2МУ» і її модифікацій. Технологічна спрощеність у впровадженні новітнього матеріалу досягається безпосереднім застосуванням його при проведенні гідроізоляційних робіт шляхом внесення його у відповідному співвідношенні в традиційні розчини [1].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз спеціальних літературних джерел і виробничо-будівельних даних свідчить, що в сучасному будівництві велике значення надається приготуванню бетонних сумішей. Адже від їх якості, однорідності, швидкості тужавіння залежить

міцність бетону, а, значить, і передумови довговічності експлуатації споруд. Серед наукових досліджень та рекомендацій вчених-науковців: М.С. Буднікова, В.С. Дем'янової, М.М. Жербіна, В.Г. Заболотного, В.В. Городецького, М.Д. Плехова, П.Ф. Альошина, Й.Ю. Каракіса, В.В. Ковалинського, Г.Я. Слободяника, Б.В. Стефанова та інших немає відповіді щодо вирішення даного питання [2].

В наш час для підвищення якості бетонних сумішей та цементних розчинів при їх виготовленні додаються різноманітні добавки, що покращують їх властивості. Одні з них прискорюють тужавіння розчинів, інші дозволяють використовувати розчини при низьких і навіть від'ємних температур. Але в деяких сферах будівництва необхідні специфічні властивості бетону, що зумовлені особливостями знаходження і експлуатації споруд. Наприклад при зведенні підземних споруд – метрополітенів, тунелів, сховищ, підземних гаражів тощо до них ставляться підвищені вимоги до міцності цементного каменю, водонепроникності. Адже такі споруди часто зводяться і тривалий час експлуатуються на рівні нижче ґрунтових вод.

Нами запропонована новітня бетонна суміш, яка містить в собі гідрофобну добавку. В підземних спорудах метро такі суміші використовуються для запобігання проявів проникнення ґрунтових вод, що дозволяє суттєво підвищити термін і надійність експлуатації споруд [3].

*Мета дослідження* – проведення лабораторно-виробничих випробувань гідрофобної добавки «Ramsinks-2МУ» (модифікація «Ramsinks-2M»)

щодо доцільності застосування її для бетонів класу В25, В30, В40, В45 на цементі типу ПЦ І 500 ДО, ПЦ ІІ 500 А/Ш станційних блоків та блоків перегінних тунелів з високою водонепроникністю, гідроізоляційних розчинів.

*Об'єкт дослідження* – гідрофобна добавка «Ramsinks-2МУ» (модифікація «Ramsinks-2М»).

*Методи дослідження.* Стандартні методи дослідження. Проведено підбір для кожного класу бетонів складу суміші: цемент + добавка.

Проведено дослідження технологічних властивостей гідрофобної добавки з цементом для класу бетонів В25 ПЗ, В40 П2.

Розроблено методику підбору відсотку (%) гідрофобної добавки з цементом для різних класів бетонів і для конкретних гірничо-геологічних умов. Ця методика дає можливість за новітніми технологіями визначити якісні характеристики гідрофобної добавки, що пропонується. Результати випробувань підтверджені протоколами Незалежної лабораторії Науково-виробничого центру «Київбудпроект» та лабораторії КВП ВАТ «Київметробуд».

### Виклад основного матеріалу

Технологічні властивості запропонованих матеріалів. «Ramsinks-2МУ» – це гідрофобізуюча добавка (водовідштовхуюча). Це – комплексне кремній-органічне гідрофобізуюче з'єднання.

Застосування цієї добавки при виготовленні бетонів та розчинів сприяє збільшенню еластичності суміші, попереджує нерівномірну концентрацію наповнювачів, а також запобігає розшаруванню суміші і збільшує стійкість до впливу агресивних факторів. Висока водонепроникність виробів з добавкою досягається при відповідному складі бетону шляхом тонкого розкладу гідрофобних часток. За рахунок зменшення негативного впливу вологи на конструкції збільшується їх довговічність [4].

Умови навколишнього середовища при випробуваннях: температура повітря в приміщенні 18°C; відповідна вологість повітря 78%; атмосферний тиск 742 мм ртутного стовпчика.

Основними показниками якості і ефективного застосування добавки «Ramsinks-2МУ» є: гідрофобізуючий ефект (ступінь); водопоглинання

бетонів і розчинів; водонепроникність; морозостійкість; міцність; пластичність та ін.

Випробування проводились методом визначення кубкової міцності зразків бетону класу В 25 П4. Для порівняння в кожній партії виготовлялись кубики без додавання гідрофобної добавки «Ramsinks-2МУ», а також з додаванням її в кількості 0,1%, 0,2%, 0,25%, 0,3%, 0,35%, 0,4% та 0,5%. Авторам вдалось підібрати і розробити методику підбору складу гідрофобних бетонних сумішей. Так, при добавлянні добавки «Ramsinks-2МУ» в кількості 0,25%–0,3% від маси цементу міцність цементного каменю була максимальною. Подальше ж збільшення вмісту добавки призводить до зменшення міцності цементного каменю. Це зумовлено, на нашу думку, яскраво виявленими гідрофобними властивостями новітнього матеріалу «Ramsinks-2МУ».

Визначення гідрофобного ефекту. Із цементно-піщаного розчину співвідношення 1:3 консистенції за ГОСТ 3104 готують серію із трьох зразків-коржиків діаметром від 10 до 12 см і завтовшки від 2 до 25 см.

Після тридобового витримання цих зразків при температурі (60±10) та 25 добового витримання в нормальних умовах їх зважують з похибкою не більше 0,1 %, а потім розміщують у водяній бані на (3-5) см над поверхнею води і кип'ятять її 8 годин щоденно протягом 3 діб. Після закінчення кип'ятіння за цим режимом зразки охолоджують до температури (20±5) °С і витирають вологою тканиною. Повторно зважують з похибкою не більше 0,1 і вираховують водопоглинення за ГОСТ 13730.3.

Для лабораторного випробування на ступінь гідрофобності цементу ПЦ ІІ 500 А/Ш з добавкою «Ramsinks-2МУ» була взята проба цементу в кількості 200 грам, яку залили водою в обсязі, необхідному для одержання нормальної густини цементного тіста, залишаючи в спокої та відмічаючи час поглинання води цементом.

Отримані дані при випробуванні з різними значеннями «Ramsinks-2» в процентах від ваги цементу (0,2; 0,25; 0,3%) приведені нижче в таблиці 1.

Таблиця 1.

Вплив кількості гідрофобної добавки за властивістю цементу

Марка і тип цементу	Маса проби цементу	Назва добавки	Вміст добавки і % від маси цементу	НГТЦ - нормальна густина ц/тіста, %	гідрофобність цементу, хв.
ПЦ ІІ 500 А/Ш	200 г			95 мл	8
ПЦ ІІ 500 А/Ш	200 г	«Ramsinks-2МУ»	0,20	95 мл	12
ПЦ ІІ 500 А/Ш	200 г	«Ramsinks-2МУ»	0,25	95 мл	15
ПЦ ІІ 500 А/Ш	200 г	«Ramsinks-2МУ»	0,30	95 мл	18

Відповідно до результатів лабораторного випробування ступеня гідрофобності цементу ПЦ ІІ 500 А/Ш з гідрофобною добавкою «Ramsinks-2МУ» встановлено, що ступінь гідрофобності цементу залежить від кількості добавки «Ramsinks-2МУ» у відсотках (%) до маси цементу.

Визначення гідрофобного ефекту добавки «Ramsinks-2МУ». При визначенні гідрофобного ефекту добавки в зразках цементно-піщаного розчину складу 1:3 консистенції за ГОСТ 310.4-90, виготовлених із цементу ПЦ І 500 ДО, Дніпровського піску та гідрофобної добавки відповідно додатку «Г» ДСТУ Б В.2.765-97 через 28 діб одержані показники водопоглинання зразків розчину: зразки розчину без добавки (водопоглинання 5,17%), зразки розчину з гідрофобною добавкою (водопоглинання 1,03%).

Гідрофобізуючий ефект слід вважати позитивним, якщо він відповідає вимогам таблиці ДСТУ Б В.2.7-65-97.

**Густина, міцність бетону на стиск, водонепроникність.** Для випробування впливу добавки «Ramsinks-2МУ» на міцність бетону застосовували товарний бетон для класу В25П ІІІ. Добавки в цемент ПЦІІ 500 А/Ш були в процентному відношенні 0,2, 0,25, 0,3%.

При цьому виготовляли лабораторні зразки розміром 10×10×10, витримували при звичайних умовах. Випробування проводились на пресі П 125 у віці 7 та 28 діб. Водонепроникність випробувань на зразках розміром циліндрів 150×150 виготовлених із бетону криволінійних блоків перегінних тунелів класу В40, П2 і витриманих при звичайних умовах 28 діб. Зразки випробовували на пристрої типу У- 6. Тиск підвищували поступово до появи «мокрої плями» [5].

Добір гідрофобної добавки з диференційованим темпом набору міцності: зразки бетону для випробування у відповідності з вимогами ГОСТ 12730.0-78. Основні показники зразків бетону приведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Основні показники зразків бетону

№ партії	Дата виготовлення	Акт відбору зразків, дата	Основні розміри, мм		Кількість зразків, шт.	Проектні вимоги	
			висота	діаметр		по міцності	по водонепроникності
1	20.03.2007	16.04.2007	150	150	6	6 40 (П 2)	по факту

**Розробка методики добору складу гідрофобного матеріалу «Rasinks-2МУ» і його модифікацій конкретних класів бетонів.**

Попередній досвід роботи з різними матеріалами дає змогу передбачити можливість створення широкого спектру рецептур з диференційованим темпом набору міцності.

Автори в лабораторних умовах отримали результати, що дають можливість отримання новітніх розчинів, які значно поліпшують властивості вже існуючих матеріалів по антикорозійній стійкості цементного каменя, його механічні властивості, забезпечують розрахункову густину розчину, необхідний темп набору міцності.

Авторами пропонується розроблена ними методика підбору співвідношень запропонованих авторами новітніх розчинів, до складу яких входять цемент ПЦ І 500 ДО і гідрофобний матеріал «Rasinks-2МУ». Співвідношення цементу ПЦ І 500 ДО і гідрофобного матеріалу «Rasinks-2МУ» в лабораторних умовах складало:

1: 0,001; 1: 0,002; 1 : 0,003; 1 : 0,005; 1: 0,008. 0,001; 1: 0,002; 1 : 0,003; 1 : 0,005; 1: 0,008.

Визначення відповідності зразків марки бетону проектним вимогам по водонепроникності.

Визначення фактичної марки бетону зразків по водонепроникності проведено згідно ГОСТ 12730.5-

84 розділ 2, за методом “Мокрої плями”.

Підготовка зразків до випробувань і проведення випробувань – за ГОСТ 12730.5-84, п. 2.2 і п. 2.3.

Відповідно до вимог ГОСТ 12730.5-84, п.1.4 – торцеві поверхні зразків перед випробуванням очищені від поверхневої плівки цементного каменя і слідів ущільнення металевою щіткою.

Виготовлені зразки зберігались в камері нормального тверднення при температурі (20 ±2)°С і відносної вологості повітря 95%. Перед випробуванням зразки витримані в приміщенні лабораторії протягом доби.

Тиск води підвищували поступово по 0,2 МПа протягом 1–5 хв. і витримували на кожному ступені протягом 16 год. – відповідно до ГОСТ 12730.5-84, п. 2.3.2, таблиця 2.

Випробування проводили до появи на верхній торцевій поверхні зразка ознак фільтрації води у вигляді крапель або мокрої плями і припиняли через 80 год. з початку випробувань.

Водонепроникність зразків оцінена максимальним тиском води, при якому ще не помічається її просочення через зразок. Марка бетону по водонепроникності прийнята за таблицею 3 ГОСТ 12730.5-84. п. 2.4.3.

Результати досліджень засвідчені в таблиці 3.

Таблиця 3.

## Визначення відповідності зразків марки бетону по водонепроникності

№ партії/ зразка	Дата		Максимальний тиск води на зразок, МПа	Час дії навантаження на зразок, годин	Факт появи «мокрої плями»	Фактична марка бетону по водоне- проникності
	Виготовлення зразків	Випробування				
1/1	20.03.2007 р.	з 20.04.2007 р. по 28.04.2007 р.	0,2	14	мокра пляма	-
1/2			1,0	80	-	-
1/3			1,0	80	-	W 12
1/6			0,4	18	мокра пляма	-

Автори пропонують на основі дослідницьких робіт лабораторії КВП ВАТ «Київметробуд» впровадити на практиці застосування новітніх гідрофобних розчинів з метою уникнути водопроявлень в підземних спорудах [5, 6].

### Висновки

Випробування, які були здійснені як в НДЛ НВЦ «Київбудпроект» щодо водонепроникності дослідних зразків бетону, так і в лабораторії КВП ВАТ «Київметробуд», показали, що вдалося створити новітні гідрофобні бетонні суміші, які будуть запатентовані в межах України. Різновидності новітніх бетонних гідрофобних сумішей дано назву «Ramsinks-2МУ». Аналізуючи властивості вказаних матеріалів, автори дійшли висновку, що існує можливість ще більшого підвищення їх якості як стосовно зростання міцності, поліпшення показника щодо водонепроникності бетонів, так і інших виробничо важливих показників.

Лабораторно-дослідні випробування показали, що введення гідрофобної добавки «Ramsinks-2М» суттєво впливає на міцність цементного каменю в гідрофобних сумішах «Ramsinks-2МУ». Так при визначенні гідрофобного ефекту бетонної суміші «Ramsinks-2МУ» через 28 діб одержані такі показники водопоглинання зразків розчину:

- зразки розчину без добавки – водопоглинання 5,28;
- зразки розчину з гідрофобною добавкою – водопоглинання 1,02 %.

Експериментально доведено, що фактична марка бетонної суміші «Ramsinks-2МУ» з не проникності досягнуто W12, згідно фактичному прояву «мокрої плями».

Запропоновані гідрофобні матеріали мають якісні переваги над іншими аналогічними матеріалами, а також економічно вигідніші. їх можна застосовувати при карбуванні швів колової обробки тунелів та станцій, а також при гідроізоляції монолітних бетонних споруд в метро.

### Література

1. *Химические и минеральные добавки в бетон / Под ред. А.В. Ушерова-Маришака. – Х. : Колорит, 2005. – 280 с.*

2. Демьянова В.С., Калашиков В.И., Ильина И.Е. Кудашов В.Я. Быстро твердеющие цементные композиции повышенной гидрофобности // Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения. Материалы 8-х академических чтений РААСН. / – Самара, 2004.

3. Патент РФ N 2188215 від 19.11.02 р. / Наливайко А.И. и др. – «Способ одержання гідрофобного дисперсного матеріалу».

4. Наливайко О.І. Дослідження водонепроникності ґрунтоцементу / Наливайко О.І., Зоценко М.Л., Панько О.М., Ларцева І.І. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2010. – Вид.32. – С. 43–48.

5. Наливайко О.І. Шляхи підвищення водонепроникності бетонів і ґрунтобетонів / Наливайко О.І., Зоценко М.Л., Панько О.М. // Будівельні конструкції : міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. – К.: НДІБК. – 2008. – Вип. 71: в 2-х кн. – Книга 2. – С. 3–13.

6. Патент на корисну модель N4700 від 17.01.05 р. / Наливайко О.І. – «Способ одержання гідрофобної речовини на основі осадових кременистих гірських порід».

### References

1. Ushherov-Marshak, A.V. (2005). Chemical and mineral supplements in concrete. *Kharkov: Colorite*, 280 p.
2. Demyanova, V.S., Kalashnikov, V.I., Ilyina, I.E., Kochshov, V.Ya. (2004). Rapidly hardening cement compositions of increased hydrophobicity. *Rapidly hardening cement compositions of increased hydrophobicity // The current state and prospects for the development of building materials. Materials of 8 academic readings PAACH. 2004, Samara.*
3. Nalyvayko, O.I. (2002). Method for obtaining a hydrophobic disperse material. *Patent RU No. 2188215. 8 p.*
4. Nalivaiko, O.I., Zotsenko, M.L., Panko, O.M., Larceva, I.I. (2010). Investigation of waterproofness of soil. *Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V.Lazaryan, vol. 32, 43–48.*
5. Nalivaiko, O.I., Zotsenko, M.L., Panko, O.M. (2008). Ways to increase waterproof concrete and soil concrete. *Building constructions: Interdepartmental scientific and technological collection of scientific works, vol. 71, Book 2. 3–13.*
6. Nalyvayko, O.I. (2005). Method for obtaining a hydrophobic substance based on sedimentary silicine rocks. *Patent for a utility model N4700.*

**Рецензент:** д. т. н., проф., проф. каф. нафтогазової інженерії і технологій Б.С. Ільченко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.



**Автор:** КАПЦОВ Іван Іванович  
доктор технічних наук, професор, завідувач  
кафедри нафтогазової інженерії і технологій  
Харківський національний університет міського  
господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [egts@kname.edu.ua](mailto:egts@kname.edu.ua)

**Автор:** РОМАШКО Олександр Васильович  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
нафтогазової інженерії і технологій  
Харківський національний університет міського  
господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [egts@kname.edu.ua](mailto:egts@kname.edu.ua)

**Автор:** НАЛИВАЙКО Олександр Іванович  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
нафтогазової інженерії і технологій  
Харківський національний університет міського  
господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [egts@kname.edu.ua](mailto:egts@kname.edu.ua)

**Автор:** КАПЦОВА Наталія Іванівна  
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри  
нафтогазової інженерії і технологій  
Харківський національний університет міського  
господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [egts@kname.edu.ua](mailto:egts@kname.edu.ua)

## LABORATORY AND PRODUCTION TESTS OF A HYDROPHOBIC ADDITIVE FROM THE GROUP «RAMSINKS-2M» FOR CONCRETE USED FOR THE MANUFACTURE OF STATION BLOCKS AND BLOCKS OF TRANSPLANTING TUNNELS WITH HIGH WATERPROOFING

I. Kaptsov, O. Nalivaiko, O. Romashko, N. Kaptsova

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*In the work, conducting experimental works and experiments on the choice of optimal ratios of PTCs 1-100 and hydrophobic material «Ramsinks-2MU», studying hydrophobicity of mixtures, recipes-solutions, research of technological properties of mixtures. Experimentally proved that the brand of concrete is not permeable reached by W12, which can not be obtained by sealing concrete. The results of laboratory tests of concrete with the addition of «Ramsinks-2m» are given. To increase the waterproofing of concrete antiltration barriers, underground structures of buildings and structures, reservoirs, etc. It is proposed to achieve high waterproofing of concrete by adding to its composition of the hydrophobic additive «Ramsinks-2MU».*

*The use of new hydrophobic materials such as "Ramsinks-2MU" for the manufacture of concrete on the construction of the subway in Kyiv - is an exhaust direction in metrobudination. Reliable waterproofing of outflows and openings can be achieved by applying a water-retailing additive "Ramsinks-2MU" and its modifications. Technological simplifcence in the introduction of the latest material is achieved by direct use of hydro-insulating works by introducing it in the appropriate ratio in traditional solutions.*

*A method for selecting a percentage of a hydrophobic additive with cement for different classes of concrete and for specific mining-geological conditions has been developed. This technique makes it possible for the latest technologies to determine the qualitative characteristics of the hydrophobic additive offered.*

*The use of this additive in the manufacture of concrete and solutions contributes to an increase in the elasticity of the mixture, prevents the uneven concentration of fillers, as well as prevents mixing of the mixture and increases resistance to aggressive factors. The high waterproofing of products with the additive is achieved with the corresponding concrete composition by fine schedules of hydrophobic particles. By reducing the negative impact of moisture on the design, their durability increases.*

*Laboratory test tests showed that the introduction of a hydrophobic additive "Ramsinks-2M" significantly affects the strength of the cement stone in the hydrophobic mixtures "Ramsinks-2MU".*

*The proposed hydrophobic materials have qualitative advantages over other similar materials, as well as cost-beneficial. They can be used when the seams of tunnel processing and stations, as well as waterproofing of monolithic concrete structures in the subway.*

**Keywords:** metro construction, blocks of transplanting tunnels, properties of concrete, waterproofing materials, hydrophobic additives to cement, laboratory and production tests.