

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ "НДІБМВ"

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ
ім. В.Д. Глуховського

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

Засновано у 1978 р. Наказом МОН України від 29 грудня 2014 р. № 1528 збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук

ВИПУСК 55

2015 р.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка

Науково-технічний збірник. – Випуск 55. – 2015 р.

У збірнику представлено матеріали, що висвітлюють питання теорії та практики досліджень, виробництва і застосування традиційних та нових будівельних матеріалів і виробів, результати науково-дослідних робіт в галузі розробки, промислового виробництва та застосування бетонів, виробів з бетонів, теплоізоляційних виробів, гідроізоляційних матеріалів, сухих будівельних сумішей, кераміки, ніздрюватих бетонів, покрівельних матеріалів, силікатної цегли та інших матеріалів.

Призначається для спеціалістів науково-дослідних та проектних інститутів, вищих освітніх закладів, інженерно-технічних працівників будівельної галузі.

Співзасновники:

Державне підприємство “Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів “НДІБМВ”

Київський національний університет будівництва та архітектури

Науково-дослідний інститут в’язучих речовин і матеріалів імені В.Д. Глуховського

Головний редактор: Лаповська С.Д. – доктор техн. наук.

Редакційна колегія:

Бур’янов О.Ф. – доктор техн. наук, Дворкін Л.Й., доктор техн. наук, професор, Запоточна-Ситек Г. – доктор-інженер, професор, Ковальчук Ю.Г. – доктор техн. наук, Кривенко П.В. – доктор техн. наук, професор; Палієнко О.О. – канд. техн. наук; Петровський В.Я. – доктор техн. наук, професор; Пушкарьова К.К. – доктор техн. наук, професор; Рунова Р.Ф. – доктор техн. наук, професор; Саницький М.А. – доктор техн. наук, професор; Сердюк В.Р. – доктор техн. наук, професор; Ткачик П.П. – канд. техн. наук; Червяков Ю.М. – канд. техн. наук; Черняк Л.П. – доктор техн. наук; Чистяков В.В. – доктор техн. наук, професор; Фішер Г.-Б. – доктор-інженер; Шинкевич О.С. – доктор техн. наук.

Відповідальний секретар: Волошина Т.М. – ст. наук. співробітник ДП “НДІБМВ”.

Збірник зареєстровано Державною реєстраційною службою України КВ 20927-10727ПР від 18.08.2014 р.

Збірник розглянуто на засіданнях вченої ради НДІБМВ, схвалено та рекомендовано до друку, протокол № 6 від 15 вересня 2015 р.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за достовірність приведених відомостей, точність даних з цитованої літератури та відсутність у статтях даних, що не підлягають до відкритої публікації.

Адреса редакції: 04080, Україна, м. Київ-80, вул. Костянтинівська, 68

Тел. +38(044) 425-37-75, 425-56-32, e-mail: mit@kievweb.com.ua

Видавець: Інформаційно-видавничий центр Товариство “Знання” України,

ТОВ “ЗАДРУГА”

04080, м. Київ, вул. Фрунзе, 86, тел. +38(044) 239-19-77

ЗМІСТ
СОДЕРЖАНИЕ

Стор.

В'язучі
Вязущие

Кривенко П.В., Ковальчук О.Ю. ГІБРИДНІ ЛУЖНІ ЦЕМЕНТИ: СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ	8
Кривенко П.В., Петропавловский О.Н., Пушкаръ В.И., Вознюк Г.В., Гелевера О.Г., ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИММОБИЛИЗАЦИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ЩЕЛОЧНОМ ЦЕМЕНТНОМ КАМНЕ	13

Матеріали та вироби для будівництва доріг
Материалы и изделия для строительства дорог

Баран С.А., Куцман А.Н., Мерзликин А.Е., Мозговой В.В., Онищенко А.Н. О ВЛИЯНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	20
Онищенко А.М., Різніченко О.С., Аксьонов С.Ю., Поліщук С.А. МЕТОД РОЗРАХУНКУ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ	26

Покрівельні матеріали та системи
Кровельные материалы и системы

Кмець Т.В. ВОДОСТІЧНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ РОЛЬ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ	34
--	----

Захисні композиції та гідроізоляційні матеріали
Защитные композиции и гидроизоляционный материалы

Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Марціх А.С. ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ ШТУКАТУРНІ РОЗЧИНИ НА ОСНОВІ НАНОМОДИФІКОВАНИХ ЦЕМЕНТІВ З ДОБАВКАМИ АЛЮМОСИЛІКАТІВ ШАРУВАТОЇ БУДОВИ	42
--	----

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Синякин А.Г., Панченко А.В. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ СИКА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ	49
Собко Ю.М., Спец С.В. БАЛЛАСТНЫЕ СИСТЕМЫ СИКА ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ КРОВЕЛЬ	60
Троян В.В., Шейнич Л.А. ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ БЕТОНА К ВОЗДЕЙСТВИЮ СУЛЬФАТНЫХ ВОД	66
Суханевич М.В., Устименко М.Є. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ПОЛІУРЕТАНОВИХ ДИСПЕРІЙ ЯК СКЛАДОВИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ СУМІШЕЙ НА ЦЕМЕНТНІЙ ОСНОВІ	70
Хамеди Абдулла Джафар Аль Мусай АПРОБАЦИЯ АТМОСФЕРОСТОЙКИХ ГЕОЦЕМЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ	77

Контроль та нагляд за якістю Контроль и надзор за качеством

Коваль В.Б., Дюжилова Н.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТАХ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА И ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТА-ДЕВЕЛОПЕРА	85
--	-----------

Автоклавний ніздрюватий бетон Автоклавный ячеистый бетон

Лаповська С.Д., Зеленіна А.І. АКЦЕПТУЮЧІ КОНТАКТИ НА ОСНОВІ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ – СУЧАСНИЙ МАТЕРІАЛИ ПОВНОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ	94
--	-----------

CONTENT

Page

Binders

Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu.
HYBRID ALKALI ACTIVATED CEMENTS: STRUCTURE AND PROPERTIES 8

Krivenko P.V., Petropavlovskiy A.M., Pushkar V.I., Voznyuk G.V., Helevera A.G.
EFFICIENCY IMMOBILIZATION OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE
IN THE ALKALINE CEMENT 13

Materials and products for road construction

Baran S.A., Kutsman A.N., Merzlikin A.E., Mozgovoi V.V., Onishchenko A.N.
ON THE INFLUENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROCESSES ON
THE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT OF CONSTRUCTION
DESIGNS 20

Onishchenko A.N., Riznichenko O.S., Aksenov S.Y., Polishyuk S.A.
THE CALCULATION METHOD OF ASPHALT PAVEMENT ON TRANSPORTATION
FACILITIES WITH INCREASED DURABILITY 26

Roofing materials and systems

Kmets T.V.
DRAINAGE SYSTEMS AND THEIR ROLE IN MODERN CONSTRUCTION 34

Protecting compositions and waterproofing products

Pushkarova K. K., Sukhanevych M. V., Martsikh A. S.
WATERPROOFING PLASTERS BASED ON NANO-MODIFIED CEMENT WITH
LAYERED STRUCTURE ALUMINOSILICATES ADDITIVES 42

Sinyakin A.G., Panchenko A.V.
MODERN SYSTEMS AND TECHNOLOGIES SIKA FOR PERFORMANCE THE
UNDERGROUND WATERPROOFING OF VARIOUS BUILDINGS 49

Sobko Y.M., Spec S.V.
BALLAST SYSTEM SIKA FOR WATERPROOFING OF ROOFS 60

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНИТАРНА ТЕХНІКА

Sukhanevych M.V., Ustymenko M.E.

TECHNOLOGICAL FEATURES OF AQUEOUS POLYURETHANE DISPERSIONS
USE AS A COMPONENT OF CEMENT-BASED WATERPROOFING MIXTURES 66

Troyan V.V., Sheinich L.A.

INCREASING OF RESISTANCE OF CONCRETE TO INFLUENCE
OF SULFATE WATERS 70

Hamedi Abdullah Jafar Al Musai

APPROBATION GEOCEMENT WEATHERPROOF COATINGS IN INDUSTRIAL
ENVIRONMENTS 77

Supervision and quality control

Koval V.B., Djuzhilova N.A.

DEVELOPMENT DECISION-MAKING METHODS IN THE FINISHING WORK
ON THE BASIS OF FUZZY INFERENCE AND EXPERT-DEVELOPER KNOWLEDGE 85

Cellular concrete

Lapovska S.D., Zelenina A.I.

ACCEPTING CONTACT BASED ON AUTOCLAVE AERATED CONCRETE -
MODERN FULL LIFE CYCLES MATERIALS 94

В'ЯЖУЧІ

ВЯЖУЩИЕ

BINDERS

УДК 691.5

*Кривенко П.В., д.т.н., професор, Ковальчук О.Ю., к.т.н.,
Київський національний університет будівництва і
архітектури, Науково дослідний інститут в'язучих речовин
і матеріалів ім. В.Д.Глуховського,
Повітрофлотський пр., 31, м.Київ, 03037, Україна,
тел. +38(044) 245 48 30, e-mail:sahi@bigmir.net*

ГІБРИДНІ ЛУЖНІ ЦЕМЕНТИ: СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ

Існуючі на сьогоднішній день уявлення про механізми гідратації та формування властивостей лужних цементів не в повній мірі дозволяють описати процеси, що протікають у певній частині розроблених матеріалів. Це пов'язано із недостатньою чутливістю приладів фізико-хімічного аналізу, що традиційно використовували у даній сфері.

Праці вітчизняних та закордонних спеціалістів дозволили виокремити певну частину лужних цементів за характером новоутворень та віднести їх до лужних цементів, у яких основні властивості забезпечуються новоутвореннями складу R-C-A-S-H. Такі системи можуть характеризуватися широким спектром спеціальних властивостей.

Ключові слова: лужні цементи, структуроутворення, гібридні цементи, зола, шлак

Вступ

Вимоги сучасної світової економіки та розвитку суспільства вимагають приділяти значну увагу розробці та впровадженню у промисловості нових ефективних матеріалів, які б відповідали критеріям концепції сталого розвитку. В галузі будівництва та будівельних матеріалів значна увага повинна бути приділена дослідженню можливості заміни традиційного портландцементу, який є високо енерго- та ресурсоемним матеріалом, на нові, більш економічні та екологічні в'язучі матеріали. Такі цементи мають характеризуватись експлуатаційними показниками на рівні традиційного портландцементу, або перевищувати його. Найбільш перспективними матеріалами, з цієї точки зору, є розроблені науковою школою проф. Глуховського лужні цементи.

Важливою ознакою таких цементів є можливість використовувати в якості сировини для виготовлення до 90 % промислових відходів (від маси сировини). Такий підхід дозволяє покращувати стан навколишнього середовища шляхом утилізації великотоннажних промислових відходів, знизити рівень шкідливих викидів в атмосферу шляхом зменшення кількості або уникнення високотемпературних технологічних процесів, зберігати корисні копалини та отримувати матеріали з унікальними експлуатаційними властивостями.

Перспективність розробки та впровадження таких матеріалів підтверджується більш ніж 50-річним досвідом робіт у даній сфері.

Основна частина

Багаторічні дослідження процесів структуроутворення та властивостей лужних цементів та в'язучих речовин дозволили розробити класифікацію таких матеріалів [1], згідно із якою лужноактивовані цементи поділяються на два класи. Для першого класу характерні

новоутворення складу R-Al-Si-H₂O (надалі – R-A-S-H, де R – Na⁺ або K⁺), для другого класу визначальними є новоутворення у вигляді низько основних гідросилікатів кальцію складу Ca-Si-H₂O (надалі – C-S-H), що є близькими до новоутворень традиційного портландцементу. Матеріали першого класу характеризуються певною складністю у виготовленні та застосуванні, підвищеною вартістю, а тому застосовуються переважно для виготовлення спеціальних матеріалів та конструкцій (вогне- та жаростійкі бетони, обмазки, клейові суміші). Цементи другого класу переважно використовуються для створення матеріалів загальнобудівельного призначення.

Проте така термінологія описує, так би мовити, крайні випадки широкої гама лужних цементів і не описує існування ще одного класу матеріалів, продукти гідратації якого представлені новоутвореннями R-Ca складу, що і забезпечують широкий спектр властивостей таких матеріалів. Існування таких матеріалів було неодноразово підтверджено в роботах вітчизняних та закордонних науковців, було вивчено властивості таких систем, проте рівень чутливості існуючих приладів фізико-хімічного аналізу не давав можливості дослідити детально процеси структуроутворення таких систем та пов'язати між собою фазовий склад новоутворень та експлуатаційні характеристики матеріалів. За фазовим складом продуктів гідратації, що визначають основні експлуатаційні властивості, запропоновані цементи можна віднести до гібридних цементів.

В загальному випадку, за фазовим складом новоутворень та основністю продуктів гідратації цементи можна розділити на такі групи (рисунок 1): фазовий склад новоутворень представлений низько основними гідросилікатами кальцію (традиційні портландцементи); представлений змішаним складом новоутворень натрієво(калієво)-кальцієвого складу (гібридні цементи); новоутвореннями натрієвого (калієвого) складу (геоцементи).

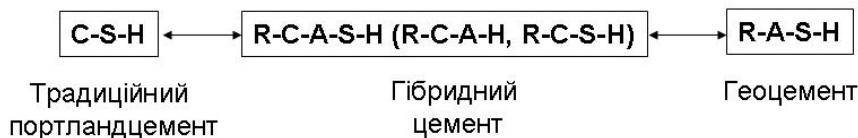


Рисунок 1. Фазовий склад новоутворень цементів

Матеріали, фазовий склад новоутворень яких представлений низько основними гідросилікатами кальцію, знайшли широке застосування у сучасному будівництві, проте також мають велику гаму недоліків. Для традиційного портландцементу це, в першу чергу, наявність великої кількості незв'язаного Ca(OH)₂, який має здатність зв'язуватись у новоутворення карбонатного типу та еtringіт у затверділому камені, призводячи до деструкційних процесів всередині штучного каменю. Такі матеріали характеризуються підвищеним ступенем вилугування, який обмежує або робить неможливим їх використання для створення жаро- та вогнестійких конструкцій або як матриць для утилізації токсичних та радіоактивних відходів. Крім того, через значний показник екзотерміє такі матеріали мають обмеження при використанні для зведення масивних бетонних конструкцій.

Матеріали, продукти гідратації яких представлені новоутвореннями типу R-A-S-H, характеризуються достатньо складною технологією виготовлення, що потребує підвищеної температури приготування та формування композицій (85-150°C), складною процедурою підготовки сировинних матеріалів та формо оснащення, підвищеною усадкою при висиханні, тому такі матеріали не можуть бути ефективно використані для загальнобудівельного

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

призначення. Такі системи доцільно використовувати для створення матеріалів спеціального призначення (жаро-, вогне-, корозійностійких конструкцій, клейових сумішей з підвищеною адгезією, тощо).

В представленій роботі виконана спроба узагальнити результати багатьох досліджень та встановити зв'язок між компонентним складом цементів, фазовим складом новоутворень та властивостями систем.

В якості сировинних матеріалів при проведенні досліджень використовували велику гаму промислових відходів, представлених доменними гранульованими шлаками, кислими золами (клас F за ASTM), як лужні компоненти використовували кальциновану соду, мета силікат натрію, рідинні стекла різного силікатного модулю та густини, їдкий натр та поташ [3-5].

Як основні компоненти гібридних лужних цементів переважно використовують гранульовані доменні шлаки та кислі паливні золи, а також лужні компоненти різного походження (рисунок 2). Різниця між процесами структуроутворення в таких системах полягає в тому, що для шлаколужних систем отримання гібридних цементів можливе за рахунок введення до складу цементу додаткових носіїв алюмінію (шляхом введення паливних зол, різноманітних глин, глиноземистого цементу, метакооліну, тощо), а для зололужних цементів – за рахунок насичення системи носіями кальцію (оскільки кислі паливні золи за звичайних умов тверднення не показують високих в'язучих властивостей навіть за рахунок використання лужної активації).

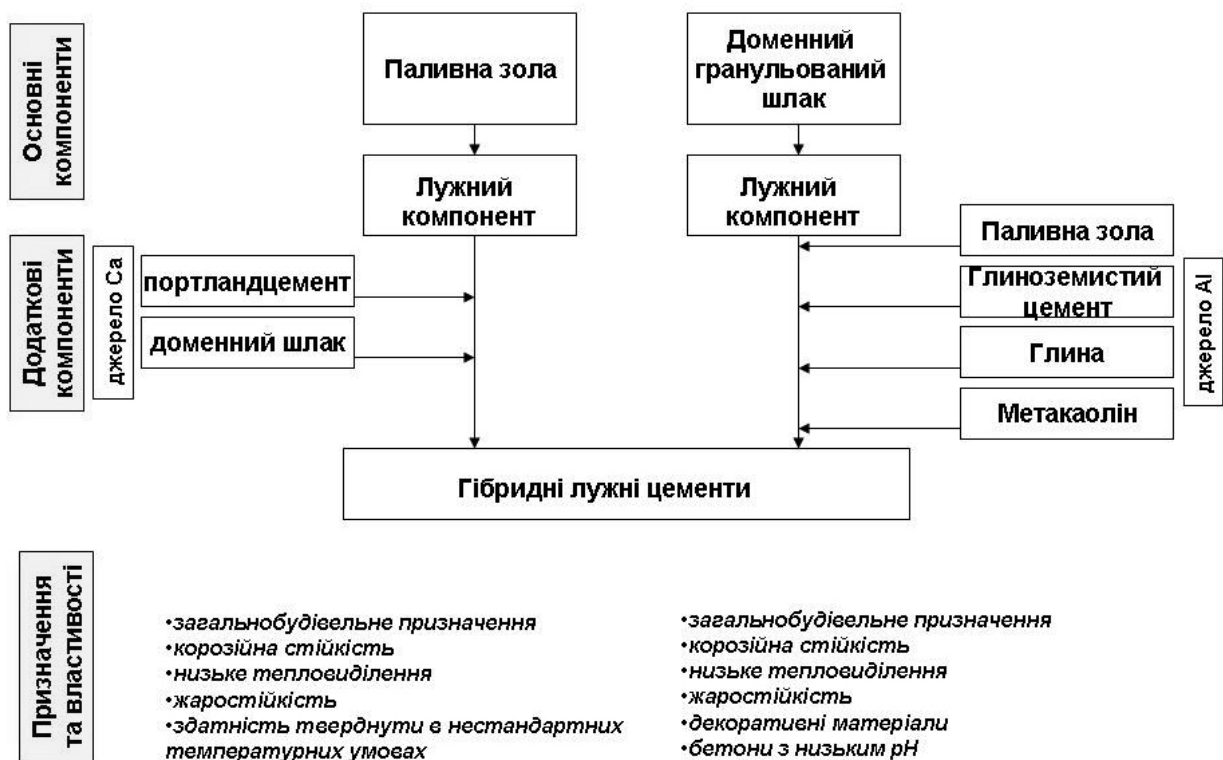


Рисунок 2. Принципова схема отримання гібридних лужних цементів

Згідно результатів проведених досліджень [2-6], сутність процесів структуроутворення гібридних лужних цементів може бути представлена наступним чином: на початковому етапі гідратації відбувається утворення C-S-H-гелю внаслідок наявності високолужного середовища та R-A-S-H гелю, причому розчинені у воді іони кальцію видозмінюють

структуру такого гелю, частково замінюючи натрій на кальцій та обумовлюючи утворення R-C-A-S-H гелю. В багатьох роботах [2,3] показано можливість співіснування одночасно обох типів таких гелів. В загальному випадку підвищена лужність середовища зсуває рівновагу у бік утворення більшої кількості C-A-S-H гелю, тоді як висока концентрація іонів алюмінію та силіцію в таких системах зумовлює формування саме гібридних новоутворень. Результати досліджень [2] показали, що формування гібридних фаз має місце при співвідношенні $0,72 < \text{CaO}/\text{SiO}_2 < 1,94$ та $0 < \text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 < 0,1$. Також можливим є співіснування у таких системах рівноважних кількостей C-S-H та R-A-S-H гелів у чистому вигляді.

Введення великої кількості алюмосилікатного компоненту на заміну основних складових шлаколузкого цементу призводить до різкого підвищення водопотреби цементного тіста за рахунок розвинутою питомої поверхні зол та глин. Такі технологічні особливості можуть бути використані для систем, де необхідно використовувати підвищені значення В/Ц з точки зору технологічності виробничого процесу та збереження достатньої кількості води для нормального протікання процесів гідратації, зокрема у складі оздоблювальних матеріалів типу мінеральних фарб, шпаклівок та розчинів, а також для цементних розчинів, призначених для транспортування, заливання та перекачування.

Відомо також, що лужні цементні є найкращим в'язучим матеріалом для створення матриць для утилізації рідких, небезпечних для життя та навколишнього середовища, відходів. До таких відходів можна віднести гальванічні шлами, рідкі радіоактивні відходи атомних електростанцій, тощо. В таких системах іони небезпечних металів надійно хімічно фіксуються у матриці новоутворень лужних цементів, які представлені продуктами гідратації типу низькоосновних гідросилікатів кальцію та натрію, ксонотлитом, томсонітом, гідронефеліном та ін. Підвищення В/Ц в таких системах дозволяє підвищити рівень наповнення матриці шкідливими елементами.

Гібридні лужні цементні можуть біти використані у багатьох галузях промисловості будівельних матеріалів: окрім означених вище напрямків утилізації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій та токсичних відходів, штукатурних, шпаклювальних розчинів, мінеральних фарб, жаро- та вогнестійких розчинів та бетонів, корозійностійких матеріалів, бетонів з низьким тепловиділенням та здатних тверднути при нестандартних температурних режимах, такі матеріали також можуть біти використані для створення цементів та бетонів загальнобудівельного та спеціального призначення. Крім того, за рахунок підвищеної пластичності та зниженої усадки при висиханні такі системи можуть біти використані для створення тампонажних систем, розчинів та бетонів, здатних до розширення, заповнювачів швів, бетонів з пониженим рН, тощо.

Висновки

Таким чином, вперше на пострадянському просторі вводиться термін «гібридні лужні цементні», який відноситься до лужних цементів із змішаним натрієво-кальцієвим складом продуктів гідратації, які визначають його характеристики. Показано визначну роль новоутворень саме R-C-A-S-H та R-C- S-H складу на формування основних та спеціальних властивостей таких цементів. Визначено перспективні шляхи використання матеріалів на їх основі для загальнобудівельного та спеціального призначення, зокрема у вигляді матриць для утилізації небезпечних рідких відходів, для створення декоративних матеріалів, тампонажних розчинів, тощо.

Acknowledgement This outcome has been achieved with financial support of the research

plan SUPMAT – Promotion of Further Education of Research Workers from Advanced Building Material Centres CZ.1.07/2.3.00/20.0111

ЛІТЕРАТУРА

1. Кривенко П.В. Лужні цементы: термінологія, класифікація, галузі застосування / П. В. Кривенко // Будівельні матеріали і конструкції. – 1995. – № 1. – С. 23–24.
2. Caijun Shi, A. Fernandez-Himenez, Angel Palomo. New cements for the 21st century: The pursuit of an alternative to Portland cement/ Caijun Shi, A. Fernandez-Himenez, Angel Palomo// Special Issue: 13th International Congress on the Chemistry of Cement. Volume 41, Issue 7, July 2011, P. 750–763.
3. Angel Palomo, Santiago Alonso, Ana Fernandez-Himenez. Alkaline activation of fly ashes: NMR study of the reaction products/ Angel Palomo, Santiago Alonso, Ana Fernandez-Himenez// Journal of American ceramic society. No87 (6), 2004. P. 1141-1145.
4. Грабовчак В.В. Лужні золівмісні цементы та бетони на їх основі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.05. «Будівельні матеріали і виробы» / В.В. Грабовчак. — Київ, 2013. — 20, [1] с.
5. John Provis, Susan Bernal. Binder chemistry – blended systems and intermediate Ca content/ John Provis, Susan Bernal //Rihlem Report. Chapter 5. 2013.
6. Ковальчук О.Ю. Пінобетон на основі лужного портландцементу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.05. «Будівельні матеріали і виробы» / Ковальчук О.Ю. — Київ, 2008. — 20, [1] с.

УДК 691.5

ГИБРИДНЫЕ ЩЕЛОЧНЫЕ ЦЕМЕНТЫ: СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

/Кривенко П.В., Ковальчук А.Ю./

Существующие на сегодняшний день представления про механизмы гидратации и формирование свойств щелочных цементов не в полной мере позволяют описать процессы, протекающие в некоторой части разработанных материалов. Связано это с недостаточной чувствительностью приборов физико-химического анализа, которые традиционно использовались в данной сфере.

Работы отечественных и зарубежных специалистов позволили выделить определенную часть щелочных цементов по характеру новообразований и отнести их к гибридным системам, в которых основные свойства обеспечиваются новообразованиями состава R-C-A-S-H. Такие системы могут характеризоваться широким спектром специальных свойств.

Ключевые слова: щелочные цементы, структурообразование, гибридные цементы, зола, шлак

UDC 691.5

HYBRID ALKALI ACTIVATED CEMENTS: STRUCTURE AND PROPERTIES

/ Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu./

Existed at present time imaginations about processes of hydration and formation of properties of alkali activated cement give no possibility to express correctly processes taking place in some part of developed materials. It is caused by low resolution of the equipment for physical-chemical analysis which had been traditionally used in such tests.

Studies of Ukrainian and foreign specialists make it possible to underline part of alkali activated cements according to new formation character and classify it as hybrid systems, main properties of which are promoting by R-C-A-S-H like new formations. Such systems could be characterized by wide spectra of special properties.

Key words: alkali activated cements, structure formation, hybrid cements, fly ash, slag.

УДК 666.19

*Кривенко П.В., д.т.н., директор,**Петропавловский О.Н., к.т.н., с.н.с.,**Пушкарь В.И., к.т.н., н.с.,**Вознюк Г.В., к.т.н., н.с.,**Гелевера О.Г., к.т.н., с.н.с.**Научно-исследовательский институт вяжущих веществ и материалов им. В.Д. Глуховского,**Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский пр-т, 31, 03037, г. Киев,**Украина,**тел. +38(044) 245 48 30; pavlo.kryvenko@gmail.com*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИММОБИЛИЗАЦИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ЩЕЛОЧНОМ ЦЕМЕНТНОМ КАМНЕ

В работе представлены принципиальные решения по технологии отверждения жидких радиоактивных отходов атомных станций с использованием щелочного цемента.

***Ключевые слова:** щелочной цемент, иммобилизация, жидкие радиоактивные отходы, шлакощелочной цемент, атомные станции.*

Наиболее эффективным решением проблемы иммобилизации радиоактивных отходов (РАО) является их перевод в состояние, близкое или аналогичное тому, в котором радиоактивные вещества находились до извлечения их из естественной среды.

В природе радиоактивные элементы всегда входят в кристаллическую структуру минералов, которые на протяжении многих тысяч и даже миллионов лет надежно удерживают связанные в них радионуклиды, препятствуют их проникновению в грунтовые воды. Поэтому надежной иммобилизацией РАО перед размещением в хранилище является их включение в минеральные матрицы.

Из известных на сегодня методов отверждения (цементирование, битумирование, остекловывание) наиболее привлекательным является технология цементирования ввиду ее простоты и экономичности. Однако, по причине только механического связывания, использование традиционных клинкерных вяжущих систем далеко не всегда способно обеспечить требуемые характеристики компаундов по скорости выщелачивания из них радионуклидов и обеспечить повышенные требования украинских стандартов к их физико-механическим показателям, особенно при цементировании высокощелочных и боратных отходов.

Поэтому наиболее эффективным является использование щелочных цементов (щелочеактивированных цементов, геоцементов, геополимеров), для которых высокощелочная среда не только не является препятствием для их гидратации, а, наоборот, обязательна и необходима. Особенностью их гидратации является синтез низкоосновных гидросиликатов и цеолитоподобных щелочных и щелочно-щелочноземельных гидроалюмосиликатов [1-2].

Известно, что природные цеолиты, такие как анальцим, шабазит, содалит, натролит, клиноптилолит, морденит и др. способны к катионному обмену натрия и калия на цезий, а кальция - на стронций. При этом минералы группы анальцима могут размещать в кристаллической решетке элементы Cs и Sr и образуют *Na-Sr* анальцим - вайрацит и *Na-Cs* анальцим полуцит, а искусственный P-цеолит типа природного жисмондина $Na_2O \cdot (2,5...2,8) \cdot SiO_2 \cdot 4H_2O$ характеризуется повышенной сорбционной селективностью к катионам стронция [3-4].

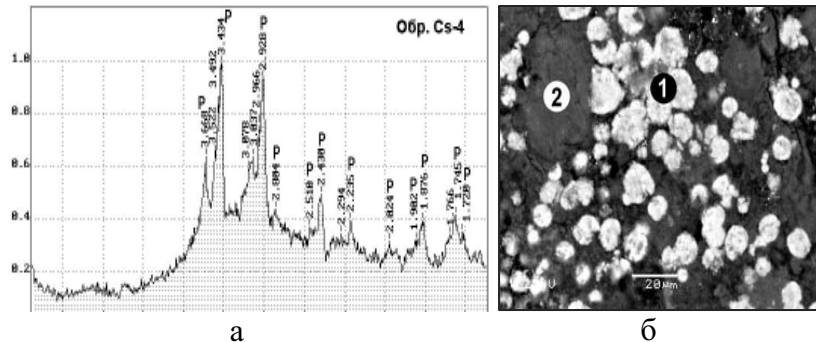


Рисунок 1. Соединения, связывающие цезий [4]:

а - дифрактограмма цезийсодержащего образца на щелочном цементе ($P-CsAlSi_2O_6$);

б - микрофото цезийсодержащего образца щелочном цементе:

1- поллуцит; 2- щелочно-щелочноземельный гидросиликат

Использование шлакощелочных цементов, в которых имеет место синтез вышеприведенных соединений, досказывает физико-химическое связывание радионуклидов щелочных (*Na, K, Li, Cs*) и щелочноземельных (*Sr, Ba*) элементов с их надежным фиксированием в матрице минералоподобного камня [4].

Таким образом, щелочные цементы способны обеспечить три вида связывания радионуклидов вместо одного, а именно:

- химическое - за счет вхождения радионуклидов в состав цеолитоподобных новообразований;
- сорбционное - за счет синтеза в составе новообразований щелочного цементного камня цеолитоподобных соединений, обладающих селективными сорбционными свойствами по отношению к радионуклидам;
- механическое - за счет более плотной структуры цементного камня с более оптимальной пористостью, в которой преобладают микропоры.

В Украине в настоящий момент имеется 4 действующие АЭС - Запорожская, Южно-Украинская, Хмельницкая, Ровенская (реакторы ВВЭР) и одна неработающая - Чернобыльская АЭС (реактор РБМК). Радионуклидный состав отходов этих станций представлен, главным образом, *Cs-137, Cs-134* (около 90%) и *Co-60* (около 10%).

Целью настоящих исследований является разработка оптимальных рецептур компаундов и унифицированной технологии отверждения ЖРО (кубовых остатков) для их практического освоения на специализированных предприятиях Украины.

В исследованиях использовали щелочной цемент типа ЛЦЕМ I-400 согласно ДСТУ Б В.2.7-181:2009 "Цементи лужні. Технічні умови".

В качестве добавок-модификаторов использовали каолин, известь, портландцемент М500, соду кальцинированную и метасиликат натрия.

Отличительной особенностью ЖРО реакторов ВВЭР и РБМК является наличие в первых большого количества боратов натрия, а во вторых - нитратов натрия. Исходная концентрация солей - 250...350 г/л, рН = 10,8...13,6. С целью увеличения соленаполнения компаундов растворы ЖРО предварительно упаривали до концентраций 500...800 г/л.

Работы с использованием реальных отходов выполняли в условиях специализированного предприятия Чернобыльской АЭС.

После отверждения образцы компаундов хранили до момента испытаний (28 суток) в эксикаторах, имитируя условия хранения в специализированном первичном контейнере (бочке).

Текучесть смесей, как одного из важных элементов технологии, контролировали по расплыву кольца прибора Вика, которая составляла 150...200 мм.

Величина прочности компаундов по требованию украинских норм должна составлять ≥ 10 МПа, а скорость выщелачивания радионуклидов, при испытаниях по ГОСТ 29114-91, должна характеризоваться значениями $\leq 1 \cdot 10^{-3}$ г/см²·сут.

Принципиальное назначение и оптимизацию рецептов для отверждения ЖРО различных АЭС проводили с радиационно-неактивными имитаторами для обеспечения требуемых показателей прочности после 28 суток (≥ 10 МПа), био- и термостойкости, пористости, однородности и т.д.

Впоследствии работы проводили с реальными отходами АЭС в направлении дополнительной оптимизации рецептов до достижения требуемых значений прочности, однородности и скорости выщелачивания радионуклидов.

Общая принципиальная технологическая схема процесса цементирования жидких радиоактивных отходов представлена на рис.2.

В качестве примера полученных отвержденных компаундов представлены результаты исследований по иммобилизации отходов Запорожской (реакторы ВВЭР) и Чернобыльской (реакторы РБМК) АЭС.

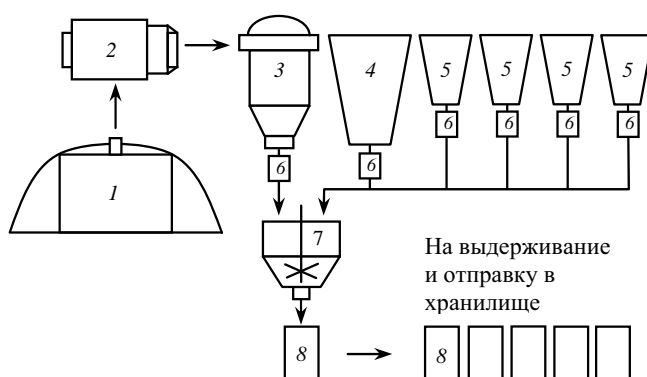


Рисунок 2. Принципиальная технологическая схема процесса цементирования жидких радиоактивных отходов:

- 1 – пристанционное хранилище ЖРО; 2 – установка глубокого упаривания; 3 – резервуар для принятия концентрата кубового остатка; 4 – емкость для цемента; 5 – емкости для добавок; 6 – дозаторы; 7 – смеситель; 8 – 200-л бочки с цементируемыми отходами, которые передаются на хранение

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Результаты определения скорости выщелачивания из компаундов представлены на рис. 3...5.

Разница ЖРО из баков №1 *OTW20B02* и №2 *OTW50B01* состоит в различном содержании в них боратов. В первом случае их в 1,5 раз больше, чем во втором.

Как видно из представленных результатов, скорости выщелачивания *Cs-137* и *Cs-134* из компаундов, содержащих кубовый остаток Запорожской АЭС с концентрацией 800 г/л, близки между собой и составляют в возрасте 28 суток $9,01\text{E}-04 \dots 1,3\text{E}-03$ г/см²·сут., что практически соответствует нормированному показателю ($\leq 1 \cdot 10^{-3}$ г/см²·сут.), а в возрасте 56 суток – $1,26\text{E}-04 \dots 6,03\text{E}-04$ г/см²·сут. Для *Co-60* показатели $4,72\text{E}-04 \dots 7,30\text{E}-04$ г/см²·сут. были достигнуты уже через 7...10 суток, а в возрасте 28 суток они составляли $1,32\text{E}-04 \dots 2,43\text{E}-04$ г/см²·сут.

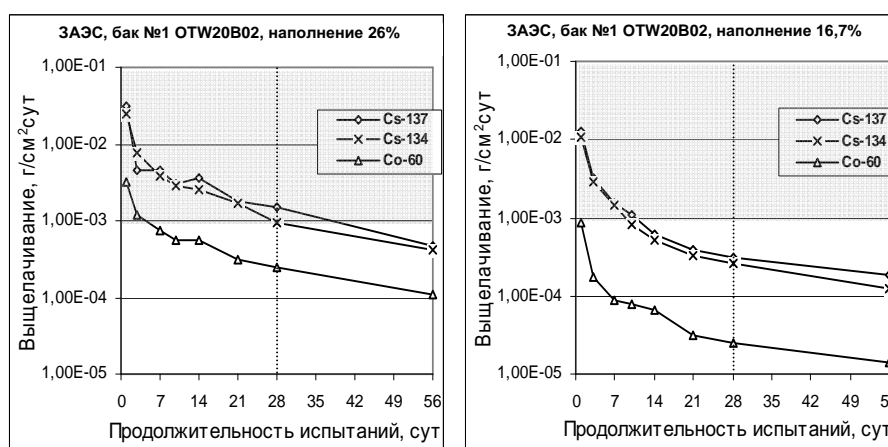


Рисунок 3. Скорость выщелачивания радионуклидов шлакощелочной матрицы с концентратами кубовых остатков Запорожской АЭС из бака *OTW20B02*:
– соленаполнение компаунда 26% при концентрации раствора 800 г/л;
– соленаполнение компаунда 16,7% при концентрации раствора 500 г/л.

При отверждении концентратов с содержанием солей 500 г/л показатели еще лучше, а именно: в возрасте 10...14 сут. по *Cs-137* и *Cs-134* – $1,03\text{E}-03 \dots 7,62\text{E}-04$ г/см²·сут., а через 28 сут. – $2,67 \dots 9,35\text{E}-04$ г/см²·сут. По *Co-60* уже через 1 сут. показатели составляли $8,62 \dots 9,03\text{E}-04$ г/см²·сут, а через 28 суток – $1,86 \dots 2,45\text{E}-05$ г/см²·сут.

На рис.5 показаны сравнительные испытания скоростей выщелачивания *Cs-137* из компаундов на основе портландцемента, шлакопортландцемента и шлакощелочного цемента при иммобилизации кубовых остатков Чернобыльской АЭС (реакторы РБМК).

Из анализа рис.5 следует, что композиции на основе портланд- и шлакопортландцемента не достигают требуемых $\leq 1 \cdot 10^{-3}$ г/см²·сут и через 56 сут., в то время когда на шлакощелочном цементе этот показатель был достигнут уже через 16 сут. Аналогичные сравнительные результаты были получены и при иммобилизации кубовых остатков Хмельницкой, Южно-Украинской и Ровенской АЭС.

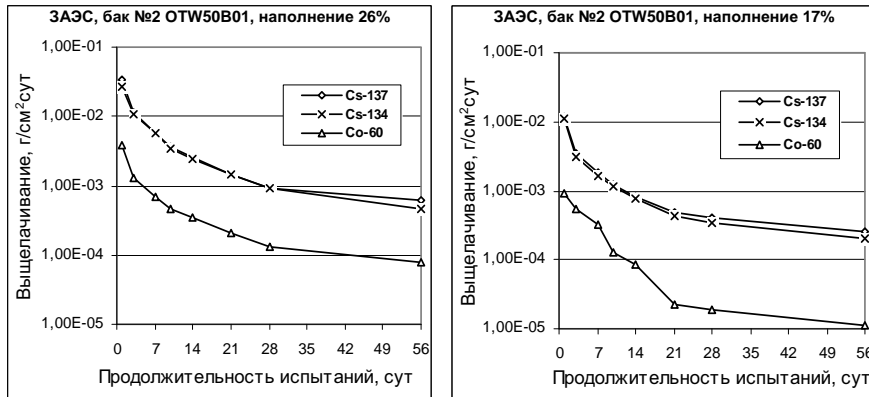


Рисунок 4. Скорость выщелачивания радионуклидов шлакощелочной матрицы с концентратами кубовых остатков Запорожской АЭС из бака *OTW50B01*:
 – соленаполнение компаунда 26% при концентрации раствора 800 г/л;
 – соленаполнение компаунда 17% при концентрации раствора 500 г/л.

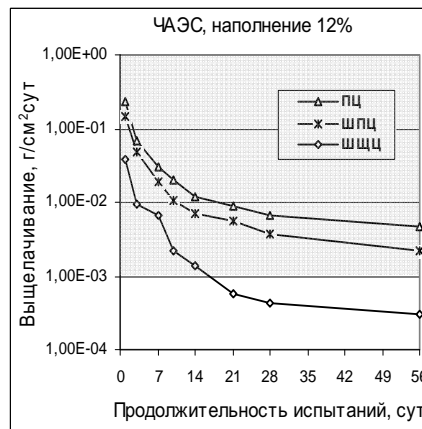


Рисунок 5. Скорость выщелачивания Cs-137 из компаундов на основе разных цементов, содержащих концентрат кубового остатка Чернобыльской АЭС:
 ПЦ – портландцемент; ШПЦ – шлакопортландцемент;
 ШЩЦ – шлакощелочной цемент;
 концентрация кубового остатка – 475 г/л

Технология цементирования различных отходов АЭС [5] с использованием щелочных цементов заключается в направленной оптимизации, применительно к составу и солесодержанию отходов, количества природного алюмосиликатного компонента (каолина), как регулятора пластичности смеси и модификатора структурообразующих соединений, выборе типа и количества активизаторов твердения (портландцемент, гидратная известь, кальцинированная сода, метасиликат натрия).

Разработанные рецептуры и технология отверждения ЖРО Чернобыльской АЭС (кубовые остатки, ионообменные смолы, перлит) с использованием шлакощелочных цементов успешно прошли испытания в действующей технологической цепочке завода по переработке жидких радиоактивных отходов (ЗПЖРО) и приняты Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Таким образом, показана эффективность использования щелочных цементов при иммобилизации жидких радиоактивных отходов в составе минералоподобного камня, которая заключается в реализации трех уровней обеспечения надежной блокировки радиоактивных элементов – химической, физической и механической. Разработана унифицированная технология проведения цементирования ЖРО различного химического состава, которая может применяться без переналадки основных процессов за счет направленного изменения типа и количества модифицирующих компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Krivenko, P., Skurchinskaya, J. and Lavnnenko, L., 1993. Environmentally Safe Immobilization ‘ of Alkali Metal Radioactive Waste within Alkaline Binder, in Journal tsement, St.Petersburg, Russia, No 3, pp.31-33.
2. Krivenko P., Gelevera A., Kavalerova E. Effective application of the alkaline cements in solving ecological problems // 15 Internationale Baustofftagung. Bundesrepublik Deutschland, Weimar, 2003. v.2, pp.2-1139–2-1148.
3. Krivenko P. Geocement matrices for immobilization of radioactive wastes / Proc. of the 2nd International Conference „Advances in Chemically-Activated Materials CAM’2014”. Edited by Caijun Shi and Xiaodong Shen. Rilem Publications S.A.R.L. – Changsha, Hunan, China, 1-3 June, 2014. - P.102-116.
4. С.Н. Скоморохова, Н.Г. Богданович, Э.Е. Коновалов, Ю.П. Корчагин и др. Развитие технологии цементирования для кондиционирования РАО. Журнал «Безопасность Окружающей Среды» №3-2010: Научно-технологическое обеспечение атомной отрасли, с. 75-81.
5. Кривенко П.В., Петропавловський О.М., Пушкарь В.І., Ковальчук О.Ю. Патент на корисну модель № 95789 «Лужна цементна композиція для іммобілізації рідких радіоактивних відходів низького та середнього рівня активності». Державний реєстр патентів України на корисні моделі 12.01.2015. Бюл. № 1. 6 с.

УДК 666.19

ЕФЕКТИВНІСТЬ ІМОБІЛІЗАЦІЇ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ В ЛУЖНОМУ ЦЕМЕНТНОМУ КАМЕНІ

/Кривенко П.В., Петропавловський О.М., Пушкарь В.І., Вознюк Г.В., Гелевера О.Г./

В роботі представлено принципіальні рішення по технології цементування рідких радіоактивних відходів атомних станцій з використанням лужного цементу.

Ключові слова: лужний цемент, іммобілізація, рідкі радіоактивні відходи, шлаколуужний цемент, атомні станції.

UDC 666.19

EFFICIENCY IMMOBILIZATION OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE IN THE ALKALINE CEMENT

/Krivenko PV , Petropavlovskiy AM, Pushkar VI, Voznyuk GV Helevera AG /

The paper presents a decision of principle on technology cementing liquid radioactive waste from nuclear power plants using alkaline cement.

Keywords: alkaline cement, immobilization, liquid radioactive waste, alkaline cements, nuclear power plants.

**МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ
ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ДОРІГ**

**МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ**

**MATERIALS AND PRODUCTS
FOR ROAD CONSTRUCTION**

Баран С.А., Куцман А.Н., ассистенты кафедры ДСМ и химии, НТУ (Украина)¹⁾

Мерзликин А.Е., к.т.н., начальник отдела, ФАУ «РОСДОРНИИ» (Россия),

Мозговой В.В., д.т.н., зав. кафедрой ДСМ и химии, НТУ (Украина)¹⁾

Онищенко А.Н. к.т.н., доцент кафедры ДСМ и химии, НТУ (Украина)¹⁾

¹⁾ Национальный транспортный университет, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1

e-mail: artur_onish@bigmir.net, тел.: +38(068) 777 18 99

О ВЛИЯНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье исследованы особенности разрушений покрытий дорожных одежд на участках перед железнодорожными переездами. Показано, что количество и картина усталостного трещинообразования асфальтобетонного покрытия разрастается с приближением к переезду, что связано с изменяющимся качеством нагружения дорожной одежды.

***Ключевые слова:** асфальтобетонное покрытие, диагностика, долговечность, динамика, нагрузка, прочность, разрушение, трещинообразование.*

Интенсивность дорожного движения за последние годы увеличилась в десятки раз. В транспортном потоке увеличилась также доля тяжёлых транспортных средств. Теперь состав тяжёлых транспортных средств мало отличается от состава транспортных средств на дорогах ведущих стран Европейского союза. На дорогах, запроектированных без учёта лавинообразного роста интенсивности дорожного движения, повысился уровень загрузки и риск заторов. Например, на автомобильных дорогах М7 «Волга» на участке от Москвы до Владимира и М10 «Россия» на участке Москва - Санкт-Петербург в августе 2015 года в период между 17 и 18 часами максимальная длина заторов составила более 4 км, а средняя длина 1,8 – 2 км. На двухполосной дороге А108 «Московское большое кольцо» в период с 9:00 до 20:00 ч перед переездом через Павелецкую железную дорогу средняя длина заторов около 1 км.

Опираясь на базу данных по диагностике автомобильных дорог федерального значения, удалось выявить некоторые особенности разрушений покрытий дорожных одежд на участках перед железнодорожными переездами. В таблице 1 показана динамика развития усталостных трещин в зависимости от расстояния до места, в котором начинает образовываться затор.

При проведении диагностики на перегонах некоторых автомобильных дорог вблизи железнодорожных переездов обнаружено, что количество и картина усталостного трещинообразования разрастается с приближением к переезду.

Таблица 1

Усталостные трещины на покрытии в зависимости от расстояния
до железнодорожного переезда

№ объекта	Описание и пиктограмма усталостных трещин на участке длиной 1 км перед участком, которому принадлежит железнодорожный переезд	Усталостные трещины на участке длиной 1 км, которому принадлежит железнодорожный переезд	
		Описание	Пиктограмма
1	Трещины отсутствуют	Продольные боковые	
2		Продольные боковые + сетка с мелкими ячейками	
3		Сетка с крупными ячейками	
4		Сетка с мелкими ячейками	
5	Продольные боковые 	Продольные боковые + «крокодиловая кожа»	
6		Продольные боковые + «крокодиловая кожа» + сетка с крупными ячейками	
7		Продольные боковые + «крокодиловая кожа» + сетка с мелкими ячейками	
8		Продольные боковые + сетка с мелкими ячейками	
9	Сетка с крупными трещинами 	Сетка с мелкими ячейками	
10		Сетка с крупными ячейками + «крокодиловая кожа»	
11	Волосяные 	Сетка с мелкими ячейками	
12		Сетка с крупными ячейками	

Примечания - примеры некоторых адресов железнодорожных переездов автомобильных дорог федерального значения, на которых обнаружены разрушения (км+м):

- 1 – "Дон" Новошахтинск-граница с Украиной (897+601);
- 2 – Подъезд к морскому торговому порту Усть-Луга (21+200);
- 3 – "Усури" Хабаровск-Владивосток (647+547);
- 4 – "Амур" Чита-Невер-Свободный-Архара-Биробиджан-Хабаровск (от км 1811) (1876+302);
- 5 – "Кола" Вологда-Тихвин-автодорога (до км 331) (83+412);
- 6 – Астрахань-Кочубей-Кизляр-Махачкала (от Р-22 по обходу г.Астрахань) (новое направление) (249+126);
- 7 – "Байкал" Иркутск-Улан-Удэ-Чита (км 100-719) (473+137);
- 8 – МБК Каширско-Симферопольский перегон (31+11);
- 9 – Подъезд к морскому торговому порту Усть-Луга (1+760);
- 10 – Чита-Забайкальск-гр. с Китайской Народной Республикой (331+435);
- 11 – "Байкал" Иркутск-Улан-Удэ-Чита (км 100-719) (392+846);
- 12 – "Волга" Москва-Владимир-Нижний Новгород-Казань-Уфа (км 421-735) (733+859).

Если на расстоянии около 1 км от переезда на покрытии трещины отсутствовали (объекты 1, 2, 3 и 4), то на небольшом расстоянии от него появляются продольные боковые трещины или сетки трещин с ячейками разного размера. Если же на дальних подступах к переезду уже появились усталостные продольные трещины (объекты 5, 6, 7 и 8), то вблизи его обнаруживается в дополнении к боковым продольным трещинам сочетание различных видов усталостных сеток трещин. На объектах 9 и 10 видно, что с приближением к переезду крупные ячейки сетки усталостных трещин покрытия дробятся на мелкие ячейки.

Эффект нарастания объёмов разрушения асфальтобетонного покрытия при приближении к железнодорожному переезду связан с изменяющимся качеством нагружения дорожной одежды. Действительно, скорости транспортных средств на этом участке отличаются большим разнообразием: они могут быть как высокими, так и очень малыми, вплоть до остановки на длительное время. И на протяжении многих лет эксплуатации дороги эти процессы происходят многократно. Можно полагать, что подобный эффект проявится и на остановках, на пересечениях дорог в одном уровне и на перегонах с уровнем загрузки движением¹ более 0,7. Следовательно, асфальтобетонное покрытие на этих участках нагружается многократно циклами различной продолжительности и на протяжении срока службы дорожной одежды встречаются серии циклов не только продолжительностью 0,1 с, которые характерны для перегонов, но и серии с временными периодами в десятки или сотни раз большие.

На вопрос о возможности инженерной оценки и прогнозирования долговечности при различных временных режимах нагружения материалов, которые обладают вязкоупругостью, отвечает, так называемый, критерий Бейли. Асфальтобетон является ярким представителем вязкоупругих композиционных материалов. Специфику применения критерия Бейли к работе асфальтобетонных покрытий исследовали М.И.Волков и В.А.Золотарев (1970) [1], Т.А.Калашникова (1975) [2], Б.С.Радовский и А.В.Руденский (1975) [3], В.В.Мозговой (1983) [4], а также некоторые зарубежные специалисты. Взяв за основу работу В.В.Мозгового, оценили влияние расчётных характеристик асфальтобетонов на напряженно-деформированное состояние и долговечность покрытия дорожной одежды при многократном статическом и кратковременном нагружениях. Провели сравнительный анализ полученных результатов с существующей методикой проектирования ОДН 218.046-01. Для примера рассчитали дорожную одежду на трёх участках: 1) на перегоне с уровнем загрузки движением менее 0,7 при длительности действия нагрузки 0,1 с; 2) на таком же перегоне, но на дороге с уровнем загрузки движением более 0,7 при длительности действия нагрузки 1 с, а также 3) на подступах к пересечению дорог в одном уровне, когда уровень загрузки одной из дорог менее 0,7 и при этом нагрузки воздействуют многократно при длительности действия 1 с и 10 с. Для последнего участка, гипотетически, приняли доленое соотношение автомобилей, движущихся медленно и очень медленно, как 80% и 20%. На рисунке 1-а показано, что на участке с затором на перегоне в дорожной одежде необходимо верхний слой основания устроить не из высокопористого, а из пористого асфальтобетона меньшей толщины (на 4 см), имеющего повышенную прочность и устойчивость к повторным нагружениям. При этом толщину нижнего слоя основания также следует уменьшить на 4 см. Такие мероприятия обеспечат заданный срок службы дорожной одежды при минимальных приведённых денежных затратах.

¹ «уровень (коэффициент) загрузки движением» - отношение фактической интенсивности движения по автомобильной дороге, приведённой к легковому автомобилю, к пропускной способности за заданный промежуток времени.

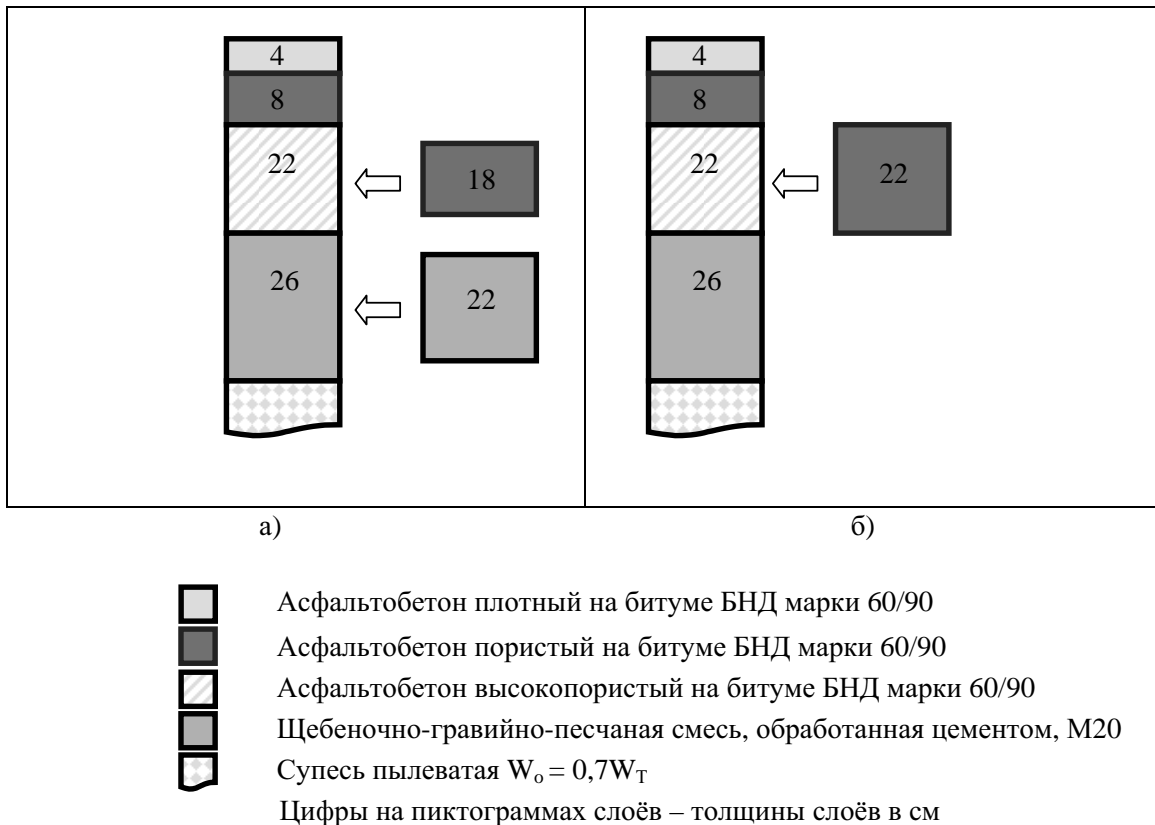


Рисунок 1. Необходимые конструктивные мероприятия для обеспечения заданного срока службы дорожных одежд на дороге с уровнем загрузки движением более 0,7 (а) и перед пересечением дорог в одном уровне на участке дороги с уровнем загрузки движением менее 0,7 (б)

На рисунке 1-б показано, что для обеспечения заданного срока службы дороги, на которой уровень загрузки соответствует проектным значениям, на участке перед пересечением дорог в одном уровне следует верхний слой основания устраивать не из высокопористого, а из пористого асфальтобетона, имеющего повышенную прочность и устойчивость к повторным нагружениям.

С увеличением длительности действия нагрузки уменьшается модуль упругости асфальтобетона (таблица 2) и других материалов, что приводит к уменьшению максимальных горизонтальных растягивающих напряжений $\sigma_{\text{макс}}$ в верхнем слое основания из высокопористого асфальтобетона дорожной одежды, представленной на рисунке 1. При этом уменьшаются значения прочности на растяжение при изгибе $R_{\text{изг}}$ материала (таблица 2), в котором возникают $\sigma_{\text{макс}}$. На рисунке 2 показано, что прочность на растяжение при изгибе $R_{\text{изг}}$ при увеличении длительности действия нагрузки уменьшается гораздо быстрее, чем максимальные горизонтальные растягивающие напряжения $\sigma_{\text{макс}}$. Именно по этой причине происходит преждевременное появление усталостных трещин на участках, где многократно замедляется движение тяжёлых транспортных средств.

Таблиця 2

Деформационные и прочностные характеристики высокопористого асфальтобетона на битуме БНД марки 60/90 при различной длительности действия нагрузки

Расчётные характеристики	Длительность действия нагрузки, с			
	0,1	1,0	10,0	600,0
Модуль упругости, E , МПа	2100	1510	1050	510
Прочность на растяжение при изгибе, $R_{изг.}$ МПа	5,65	3,18	1,79	0,64

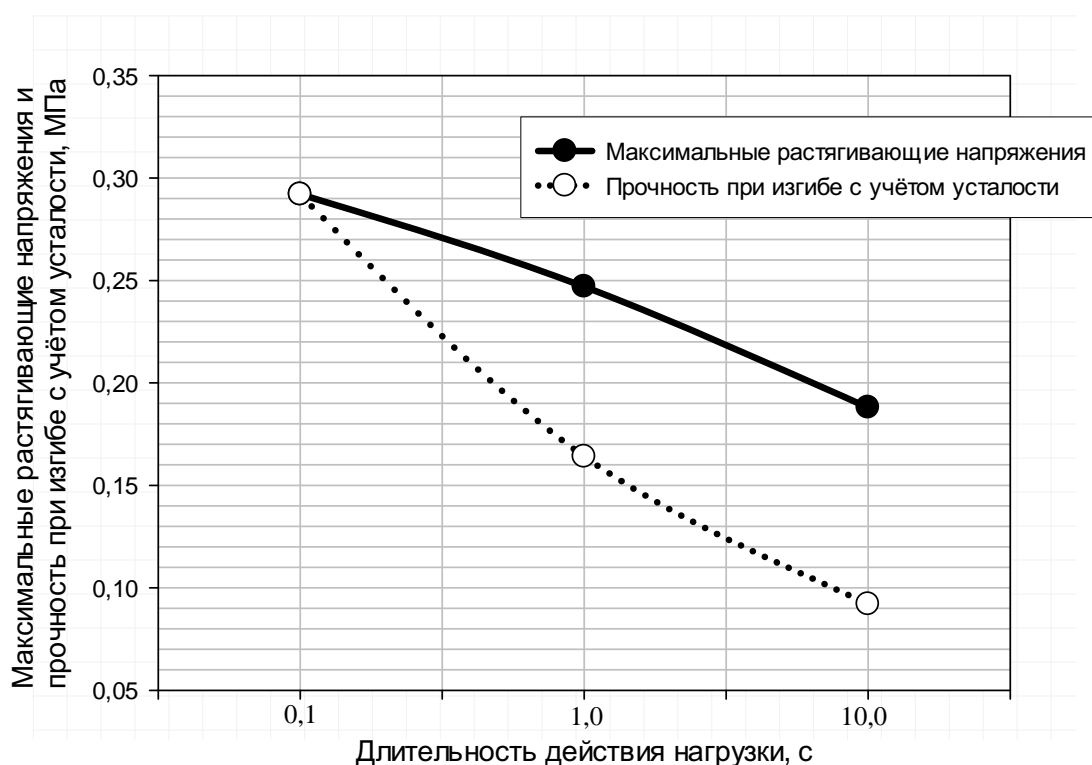


Рисунок 2. Тенденция изменения σ_{\max} и $R_{изг}$ при увеличении длительности действия нагрузки

Таким образом, показано, что на участках автомобильных дорог, на которых появляются заторы, дорожные одежды должны проектироваться с учётом расчётных характеристик асфальтобетона, полученных при длительности действия нагрузки более 0,1 с. При конструировании дорожной одежды нижние слои покрытия или верхние слои основания желательно назначать из асфальтобетона, имеющего повышенную прочность и устойчивость к повторным нагружениям (пористый, плотный или высокоплотный). Для этих целей эффективно применение дисперсно-армированного асфальтобетона. Основание желательно устраивать из материалов, обработанных неорганическим вяжущим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков М.И., Золотарев В.А. О температурно-временной зависимости прочности асфальтобетона. - Известия вузов. Строительство и архитектура, 1970, N 3.
2. Калашникова Т.Н. Прочностные и деформативные характеристики песчаного асфальтобетона при воздействии повторных на –грузок.- Труды Гипродорнии, 1970, вып.1.
3. Радовский Б.С., Руденский А.В. О связи между длительной и усталостной прочностью дорожно-строительных материалов. - В кн.: Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, Киев, 1975.
4. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. докт. техн.. наук: 05.22.11. – К.: КАДИ, 1996

УДК 625.7/8

ЩОДО ВПЛИВУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

/Баран С.А., Куцман А.Н., Мерзлікін А.Є., Мозговий В.В., Онищенко А.М./

У статті досліджено особливості руйнувань покриттів дорожніх одягів на ділянках перед залізничними переїздами. Показано, що кількість і картина втомного тріщиноутворення асфальтобетонного покриття розростається з наближенням до переїзду, що пов'язано із змінною якістю навантаження дорожнього одягу.

Ключові слова: асфальтобетонне покриття, діагностика, довговічність, динаміка, навантаження, міцність, руйнування, тріщиноутворення.

UDC 625.7/8

ON THE INFLUENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROCESSES ON THE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT CONSTRUCTION DESIGNS

/Baran S.A., Kutsman A.N. Merzlikin A.E., Brain V.V. Onishchenko A.N./

In the article the features of destruction covering road pavements in areas before the railway crossing are investigated. It is shown that the amount and pattern of fatigue cracking of asphalt concrete pavement is growing with the approach to crossing, due to the changing quality of the loading of the pavement.

Keywords: asphalt concrete, diagnostics, durability, dynamics, capacity, strength, destruction, cracking.

*Онищенко А.М., к.т.н., доцент, Різніченко О.С., асистент,
Аксьонов С.Ю., пошукач, Поліщук С.А., магістрант,
Національний транспортний університет,
01010, м. Київ, вул. Суворова, 1
artur_onish@bigmir.net, тел.: +38(068) 777-18-99*

МЕТОД РОЗРАХУНКУ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ ПІДВИЩЕНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ

В статті запропоновано метод розрахунку довговічності асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах. Зосереджено увагу на розгляді питання щодо забезпечення міцності при згині асфальтобетонного покриття, що влаштоване на еластичному прошарку та залізобетонної основи. Розроблено номограму для визначення розтягуючих напружень та наведено інженерний метод та приклад розрахунку асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах

***Ключові слова:** асфальтобетонне покриття, тріщиностійкість, залізобетонна основа, міцність при згині, транспортні споруди, довговічність*

Постановка проблеми

Транспортні споруди є кровоносними артеріями країни, які повинні забезпечувати постійний транзит автомобільного транспорту. Дорожнє покриття на транспортних спорудах перебуває в складних експлуатаційних умовах, насамперед через концентрацію напружень між асфальтобетонним покриттям і жорсткою основою, оскільки в нежорсткому дорожньому одязі напруження сприймає земляне полотно, крім того асфальтобетон на транспортних спорудах швидше охолоджується та нагрівається. Ці та інші фактори висувають підвищені вимоги до конструкції дорожнього одягу на транспортних спорудах, насамперед до його тріщиностійкості.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В результаті аналізу опублікованих методів та критеріїв оцінки тріщиностійкості асфальтобетонного покриття від дії транспортних засобів при зміні температури говорить про те, що наявні дослідження носять розрізнений, частковий характер, крім того вони враховують в основному розрахунок нежорсткого дорожнього одягу, а також громіздкі аналітичні залежності для яких необхідно велику кількість параметрів [1].

Відсутність науково обґрунтованої методики розрахунку на тріщиностійкість асфальтобетонного покриття часто зумовлює передчасне утворення тріщин і, як наслідок, зниження довговічності транспортних споруд, що в свою чергу призводить до значних економічних збитків. Це свідчить про необхідність розробки інженерного методу розрахунку асфальтобетонного покриття з більш повним врахуванням особливостей його роботи на транспортних спорудах автомобільних доріг від дії транспорту.

Виклад основного матеріалу

На етапі проектування і будівництва асфальтобетонного покриття на транспортних

спорудах необхідно дотримуватися всіх основних принципів і правил [2, 3] з метою забезпечення нормативного терміну служби покриття. Тому метою роботи є підвищення довговічності асфальтобетонного покриття транспортних споруд автомобільних доріг завдяки удосконалення методики його розрахунку на тріщиностійкість від дії транспортних засобів. Серед існуючих транспортних споруд найбільш поширеними є залізобетонні, загальна кількість яких перевищує 90 % [4].

Більш сучасне проектування асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах полягає в уточненні правил конструювання та методики їх розрахунку [5, 6]. При цьому враховується багаторазова дія короточасних і статичних завантажень. Завданням розрахунку асфальтобетонного покриття підвищеної тріщиностійкості є визначення необхідної товщини в намічених варіантах конструкції або вибір матеріалів з відповідними деформаційними і характеристиками міцності при заданій товщині.

Розрахунок міцності асфальтобетонного покриття виконують по допустимим напруженням на розтяг при згині.

Асфальтобетонне покриття на транспортних спорудах, які експлуатуються на різних категоріях автомобільних доріг, розраховують на багаторазову і короточасну дію рухомих навантажень. При цьому необхідно враховувати ризик заторів при зниженні пропускної здатності транспортної споруди. Час дії завантаження відповідно потрібно приймати згідно таблиці 1.

Таблиця 1

Розрахункові значення тривалості і короточасного прикладання навантаження при розрахунку асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах автомобільних доріг

Типові комбінації режимів транспортного навантаження на покриття транспортних споруд	Автомобільні дороги	Рівень завантаження рухом	Розрахункові тривалість і короточасне прикладання навантаження t , с
Автомобільні дороги загального користування	1 - Державного значення	не більше 0,7	0,1 - багаторазово
	2. - Місцевого значення	не більше 0,7	0,1 - багаторазово
		більше 0,7	1,0 - багаторазово
Категорія вулиці і дороги	3 - Міські вулиці та дороги	не більше 0,7	0,1 - багаторазово
		більше 0,7	1,0 - багаторазово
Зупинки екстрені та під час заторів			10 - багаторазово

Асфальтобетонне покриття на транспортних спорудах автомобільних доріг згідно таблиці 1 повинні бути додатково перевірені покриття на міцність при згині при багаторазовій дії короточасного та статичного навантажень з тривалістю дії навантаження 10 с.

Для проектування асфальтобетонного покриття припустимий (необхідний) коефіцієнт надійності K_n , що визначає мінімальне значення коефіцієнта міцності $K_{мц}$, який повинний мати до кінця терміну служби між капітальними ремонтами, нормований у залежності від категорії дороги, капітальності одягу і типу покриття [7]. Припустимий коефіцієнт надійності міських доріг і вулиць слід приймати теж згідно з [7].

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Для розрахунку асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах приймаємо наступний варіант конструкції, який широко застосовується на практиці [2] (рис. 1). Вона складається з одного шару (або двох) асфальтобетонного покриття, еластичного прошарку (з полімер бітумного в'язучого) та залізобетонної монолітної основи, які міцно зчеплені між собою (рис. 1).

Для визначення розтягуючих напружень у асфальтобетонному покритті на транспортних спорудах пропонується номограма (рис. 1), яка була отримана за допомогою точного рішення програми «Алгофорт» А. К. Приварнікова. Така програма дає можливість виконувати розрахунки з необхідною точністю та узгоджується з результатами розрахунків за номограмами [7].

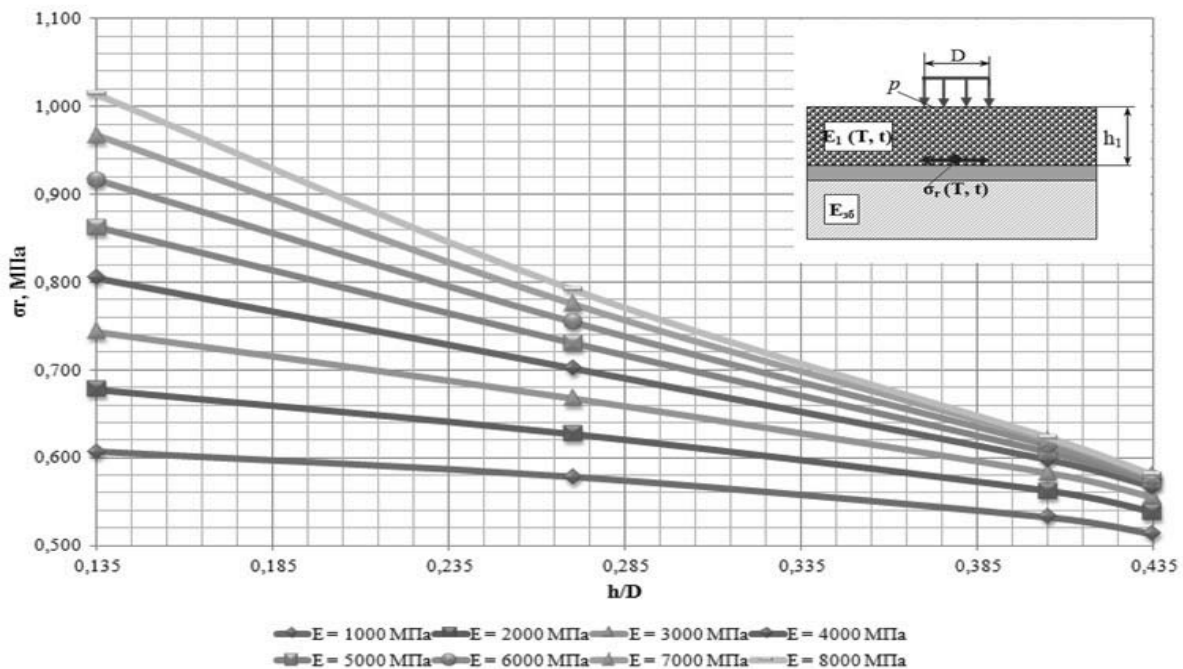


Рисунок 1. Номограма для визначення горизонтальних розтягуючих напружень при згині між асфальтобетонним покриттям і залізобетонною основою та розрахункова схема роботи асфальтобетонного покриття на транспортній споруді

$E_1(T, t)$ – модуль пружності асфальтобетонного шару, який залежить від температури (T) і часу дії навантаження (t); h_1 – товщина шару; $\sigma_r(T, t)$ – найбільше напруження розтягу, у розглянутому шарі, що встановлюється за номограмою; p – розрахунковий тиск на покриття, рівний 1 МПа; D – діаметр навантаженої площі.

Для розрахунку тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на транспортній споруді, умову граничного стану можна записати на основі кінетичної теорії міцності твердих тіл:

$$\bar{\sigma}_r = K_{мц} \cdot \sigma_r \cdot p \cdot K_\sigma \cdot K_\sigma \quad (1)$$

де p – розрахунковий тиск на покриття, МПа [7];

K_σ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля зі спареними балонами. Як правило, $K_\sigma = 0,85$, але при розрахунку покриття на

особливі навантаження (коесо з одним балоном) $K_o = 1,0$; K_o – коефіцієнт динамічності, який враховує навантаження під час руху, приймається рівним 1,0.

Асфальтобетонне покриття на залізобетонній транспортній споруді пропонується розраховувати в такій послідовності. Для одношарового покриття приймається модуль пружності шару h_1 за таблицею 3, а для двохшарового за формулою (2) потрібно обчислити середній модуль пружності шарів h_p, h_2 . Потім знаходять середній модуль пружності асфальтобетонного покриття з урахуванням гідроізоляційного матеріалу.

Середній модуль пружності асфальтобетонного покриття розраховують за формулою:

$$E_e = \sum_{i=1}^n E_i h_i \div \sum_{i=1}^n h_i, \quad (2)$$

де n – кількість шарів дорожнього одягу; E_i — модуль пружності i -го шару; h_i – товщина i -го шару.

Розрахункові модулі пружності асфальтобетонів, слід приймати при температурі $+10^\circ\text{C}$, з врахування тривалості дії навантаження [7]. Знаючи модуль пружності асфальтобетонного покриття (рис. 1) за номограмою (рис. 1) треба знайти розтягуючі напруження $\sigma_r(T, t)$ у розрахунковому шарі від разового навантаження, що діє на поверхні покриття. Для цього з точки на верхній горизонтальній осі, що відповідає відношенню $\Sigma h_i / D$, слід провести вертикаль до кривої з відомим модулем пружності E , де знайти значення $\sigma_r(T, t)$. Розрахункові значення $\overline{\sigma_r}$ знаходять за формулою (1). В той же час, потрібно враховувати, що при дії навантаження 0,1 для розрахунку використовується значення діаметра відбитку колеса D_o , а при часу дії навантаження 10 с необхідно використовувати статичне значення діаметру відбитка колеса D_{cm} .

Виконуємо перевірку умови опору при руйнуванні від розтягу при згині, оскільки виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короточасних навантажень не повинні перевищувати граничних впродовж запроєктованого терміну служби, в протилежному випадку це призводить до утворення тріщин:

$$\overline{\sigma_r} < \frac{R_N^t}{K_{мч}}, \quad (3)$$

де R_N^t – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, при відповідному часу дії навантаження t , визначають за формулою:

$$R_N^t = R^t \cdot k_1^{t \cdot t_i} \cdot k_2 \cdot (1 - \nu_R \cdot t), \quad (4)$$

де $k_1^{t \cdot t_i}$ – коефіцієнт, який враховує зниження міцності внаслідок явищ втоми матеріалу при багаторазовій дії навантаження [7]; k_2 – коефіцієнт, який враховує температурну тріщиностійкість матеріалу [8]; ν_R – коефіцієнт варіації міцності при розтягу; t – коефіцієнт варіативного відхилення.

Коефіцієнт $k_1^{t \cdot t_i}$, який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, він визначається за наступною формулою:

$$k_1^{t \pm t_i} = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p^{t \pm t_i}}}, \quad (5)$$

де m – показник ступеня, який залежить від властивостей матеріалу розрахункового монолітного шару [8]; α – коефіцієнт, який враховує відмінність між реальним і лабораторним режимом розтягу повторного навантаження, а також імовірність співпадання з часом;

$\sum N_p^{t \pm t_i}$ – розрахункова еквівалентна сумарна кількість прикладань розрахункового навантаження як з часом дії навантаження t так і t_i , за весь термін служби, визначається за формулою:

$$\sum N_p^{t \pm t_i} = \delta_{t_i} \cdot \sum N_p \cdot \beta_{t \pm t_i} + (1 - \delta_{t_i}) \cdot \sum N_p, \quad (6)$$

де $\sum N_p$ – розрахункова сумарна кількість прикладання розрахункового навантаження за термін служби монолітного покриття [7]; δ_{t_i} – частка від загальної кількості автомобілів в потоці, які затримуються; $\beta_{t \pm t_i}$ – коефіцієнт запропоновано проф. В.В. Мозговим, який відображає вплив на втому руйнування розрахункового навантаження з часом дії t_i , визначається за формулою:

$$\beta_{t \pm t_i} = \left(\frac{R_{10}^t \cdot \sigma_r^t}{R_{10}^{t_i} \cdot \sigma_r^{t_i}} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (7)$$

де R_{10}^t – нормативне значення граничного опору розтягу при згині при розрахунковій температурі і при часу дії навантаження t_i .

Приклад розрахунку. Розглянемо наступну конструкцію дорожнього одягу на залізобетонній транспортній споруді, запроєктовану для автомобільної дороги 1 категорії:

1. Щебенево-мастиковий асфальтобетон, з максимальною крупністю зерен 10 см, товщиною 5 см.

2. Асфальтобетон типу А, товщиною 8 см.

3. Гідроізоляційний матеріал Testudo, товщиною 0,5 см.

Згідно з таблицею 1 рівень завантаження складатиме не більше 0,7, а тривалість дії навантаження буде рівною 0,1 с.

За таблицею 2 знаходимо коефіцієнт запасу міцності конструкції дорожнього одягу, який в даному випадку становить 1,35.

За даними таблиці 3 визначаємо розрахунковий модуль пружності асфальтобетону, модуль пружності гідроізоляційного матеріалу визначаємо з супровідної інформації постачальника або експериментальним шляхом.

Розраховуємо середній модуль пружності конструкції за формулою (2):

$$E_a = \frac{5500 \cdot 5 + 4500 \cdot 8 + 800 \cdot 0,5}{5 + 8 + 0,5} = 4733 \text{ МПа}$$

Розрахункові значення відбитку колеса та розрахункового навантаження приймаються згідно з [7].

За номограмою, наведеною на рис. 1 визначають горизонтальні розтягуючі напруження, в даному випадку вони будуть рівними 0,6 МПа.

Розраховують тріщиностійкість асфальтобетонного покриття на транспортній споруді за умовою граничного стану (1):

$$\bar{\sigma}_r = 1,39 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,567 \approx 0,57 \text{ МПа}$$

Знаходимо міцність матеріалу шару на розтяг при згині, при відповідному часу дії навантаження:

$$R'_N = 6,45 \cdot 0,21 \cdot 0,80 = 1,08 \text{ МПа}$$

Виконуємо перевірку умови опору при руйнуванні від розтягу при згині:

$$0,57 < 1,08$$

Перевіряємо чи виконується умова по забезпеченню необхідного коефіцієнта запасу міцності:

$$K_{мц} = \frac{R'_N}{\sigma_r} = \frac{1,08}{0,56} = 1,94$$

Отримане значення $K_{мц}$, більше за необхідне згідно з [7]. Відповідно представлена конструкція відповідає умові міцності на розтяг при згині.

Висновки. В результаті аналізу зміни горизонтальних розтягуючих напружень виникаючих на границі між асфальтобетонним покриттям і залізобетонною основою були встановлені певні закономірності. При співвідношенні h/D рівному 0,135, і зміні модуля пружності з 8000 до 1000 МПа, опір розтягуючим напруженням зменшиться на 40 %, а при $h/D = 0,335$ – зменшиться на 22 %. Ці дані свідчать, що підвищення тріщиностійкості, а відповідно і довговічності асфальтобетонного покриття можна досягти підбором конструкції дорожнього одягу з відповідною товщиною і модулем пружності. Проведені дослідження також показали, що різний час дії навантаження по-різному впливає на напружено-деформований стан покриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бесараб О. М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження. Дис. канд. техн. наук: 05.22.11. – К., 2003. – 142 с.
2. Альбом «Типові конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям проїзної частини залізобетонних мостів та шляхопроводів» – К., 2003.
3. МВ 218-02070915-679:2010 Методичні вказівки з розрахунку асфальтобетонного покриття на температурну тріщиностійкість. Укравтодор – Київ, 2010.
4. Коваль П. М. Характеристика технічного стану існуючих мостів України / П. М. Коваль // Дороги і мости. Збірник наукових статей – Вип. 1. – Київ, 2003. – С. 15-22.
5. Онищенко А.М. Методика та результати визначення коефіцієнта температурної тріщиностійкості асфальтобетону / Онищенко А.М., Невінгловський В. Ф., Різніченко О. С., Аксьонов С. Ю. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Київ – 2014. – № 91. – С. 84-88.
6. Мозговий В. В., Бесараб О. М., Онищенко А. М. та ін. Підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття проїзної частини Південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві / В. В. Мозговой, О. М. Бесараб, А. М. Онищенко // Збірник наукових праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій». – Львів., 2005. – с. 709 – 716.

7. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу

8. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови

УДК 625.7/8

МЕТОД РАСЧЕТА АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

/Онищенко А.Н., Ризниченко А.С., Аксенов С.Ю., Полищук С.А./

В статье предложен метод расчета долговечности асфальтобетонного покрытия на железобетонных транспортных сооружениях. Сосредоточено на рассмотрении вопроса по обеспечению прочности при изгибе асфальтобетонного покрытия, устроено на эластичном прослойки и железобетонного основания. Разработана номограмма для определения растягивающих напряжений и приведены инженерный метод и пример расчета асфальтобетонного покрытия на железобетонных транспортных сооружениях

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, трещиностойкость, железобетонная основа, прочность при изгибе, транспортные сооружения, долговечность

UDC 625.7/8

THE CALCULATION METHOD OF ASPHALT PAVEMENT ON TRANSPORTATION FACILITIES WITH INCREASED DURABILITY

/Onishchenko A.N., Riznichenko O.S., Aksenov S.Y., Polishyuk S.A./

In the article the calculation method of durability of asphalt pavement on transportation facilities. The emphasis on considering to ensure the strength of bending monolithic pavement layers. Creating the graph to determine the tensile stress and an example of calculation of pavement structures

Keywords: asphalt concrete pavement, crack resistance, concrete base, bending strength, bridge construction, durability.

**ПОКРІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ
ТА СИСТЕМИ**

**КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И СИСТЕМЫ**

ROOFING MATERIALS AND SYSTEMS

УДК 628.2

Кмець Т.В., керівник відділу збуту,

ТзОВ «Галеко» 79040 м. Львів вул. Городоцька 367, офіс 217а

Тел. +38(067) 675 41 67 taras.kmets@galeco.com.ua

ВОДОСТІЧНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ РОЛЬ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Розглянуто які бувають організації відведення дощових вод, та як вони застосовуються. Окреслені основні види водостічних систем, а саме системи з ПВХ та металу (оцинковані, оцинковані з покриттям, мідні, титан-цинкові, алюмінієві). Розкрито їх переваги та недоліки. Описано основні продукти компанії Галеко на ринку водостічних систем: «Galeco PVC», «Galeco STAL», «Galeco LUXOCYNK», «Galeco DECOR». Розглянуто новітню запатентовану компанією Галеко систему водовідведення «Galeco BEZOKAPOWY».

Ключові слова: водостік, водостічна система, система відводу води.

Організація правильного відведення дощових та талих вод з покрівлі будинку є важливим та необхідним чинником, оскільки від правильності облаштування водостоку залежить як його подальша експлуатація, так і термін експлуатації всієї будівлі.

Неправильно встановлена або відсутня водостічна система може привести до надмірного зволоження зовнішніх конструктивних елементів будівлі, що в подальшому приведе до передчасної руйнації стін, цоколя та фундаменту споруди, а також до виникнення негативних факторів, таких як замокання стін та появи грибка.

По способу організації водовідведення водостоки можна поділити на:

- неорганізовані системи відводу води;
- організовані системи відводу води.

Неорганізований водовідвід використовують на дахах із великим нахилом, на одно- та двоскатних дахах. При неорганізованому водовідведенні вода вільно стікає з даху без збору і відведення у дренаж чи каналізаційну мережу. Проте використання цієї системи не виправдовує економії, яка пов'язана з відсутністю труб, ринв та водоприймачів, оскільки сприяє надмірному зволоженню стін, фундаменту, цоколя будівлі. Це негативно впливає на подальшу її експлуатацію.

Організоване водовідведення – це система труб, ринв, водоприймачів, за допомогою якої дощова вода збирається з даху і спрямовується у водоприймачі, а звідти – у водостічні труби, з яких відводиться в дренажну систему або в систему каналізації, захищаючи при цьому фасад, цоколь і фундамент будинку від надмірного зволоження та подальшого руйнування.

Залежно від конструкції даху використовують внутрішній і зовнішній водостік. Внутрішній водостік використовують на плоских дахах. При цьому дах розбивають на сегменти з ухилом до водоприймача, яка розташована безпосередньо в покрівлі. Облаштовують водоприймачі та стояки водостоку: на 150 - 200 кв. м даху необхідний один стояк діаметром 10 см, за умови ухилу покрівлі до водоприймача 1 - 2 %. Таким чином, вода збирається одразу ж водоприймачами і по підвісних трубах передається до стояків, які розміщують усередині будинку, а по них – у систему каналізації чи колектор.

При схилі даху 15° і більше використовують систему зовнішнього водостоку. Ці системи є найпоширенішими, вони прості у монтажі та експлуатації. Складаються з ринв, водоприймачів та зливних труб.

За формою поперечного перерізу водостоки поділяють на круглі, прямокутні та рельєфні. Круглі (напівкруглі) водостоки є найпоширенішими, вони мають привабливий естетичний вигляд, гармонійно доповнюють конструкцію даху та підкреслюють його довершеність, прості в монтажі й експлуатації.

Прямокутні водостічні системи рекомендують при відведенні з поверхні даху більшої, ніж зазвичай, кількості води (в районах з інтенсивними опадами), оскільки вони мають більшу площу поперечного перерізу порівняно з круглими.

На сучасному ринку водостічні системи представлені у величезному асортименті і виготовлені з ПВХ та металу (оцинковані, оцинковані з покриттям, мідні, титан-цинкові, алюмінієві).

Водостічні системи з ПВХ широко використовуються на ринку водостічних систем. **Пластикові водостічні системи мають** ряд переваг: вони стійкі до корозії, до атмосферних впливів та дуже прості в монтажі. Ціна систем робить їх доступною для широкого загалу, тому в наш час саме водостічні системи з ПВХ є лідером з продажу серед водостічних систем з інших матеріалів.

Металеві водостічні системи, можна сказати, одні із перших водостічних систем у будівництві. За багато років вони удосконалювались безліч разів. Тому на сьогоднішній день на ринку представлений широкий асортимент: оцинковані, оцинковані з покриттям, мідні, алюмінієві та із титан-цинку.

Сучасні водостічні системи можуть мати різний діаметр стічного каналу, від якого залежить їх продуктивність, можуть бути виготовлені з різних матеріалів, а також мати інноваційну форму.

В період розвитку інноваційних технологій в проектуванні будівель виникає потреба у впровадженні новаторських рішень у виробництві та проектуванні водостічних систем.

Компанія «Галеко Україна», це одна із компаній, які діють та розвиваються у бізнес-групі «ГАЛЕКО Рейнвотер Технолоджі». Широка пропозиція продукції «Галеко» - це результат великого досвіду, набутого протягом усього періоду діяльності, а також ретельно проведених маркетингових досліджень. Завдяки постійному вивченню потреб клієнтів та виконання їх вимог, компанія потрапила у низку провідних виробників водостічних систем Польщі.

У своїй пропозиції ми представляємо водостічні системи, виконані з ПВХ, - один з перших продуктів у нашій оферті. «Galeco STAL» із ламінованої сталі - це продукт, який досяг значного успіху на вітчизняному та закордонному ринках. Також ми пропонуємо економну сталю систему «Galeco LUXOCYNK», а найновішим нашим продуктом є система «Galeco BEZOKAPOWY». Пропозицію доповнює «Galeco DECOR» - даховий софіт найвищого рівня якості.

Водостічні системи «Галеко» мають характерну фірмову форму ринви, краї якої загнуті всередину. Таке рішення запобігає переливанню води під час рясних опадів. Варто згадати про високу стійкість нашої продукції щодо механічних пошкоджень і знебарвлення. Вироби стійкі до корозії, дії багатьох кислот, лугів і солей, а також інших хімічних сполук, що можуть бути розчинені в дощовій воді.

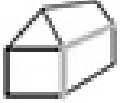

Перейдемо до основних продуктів.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Система «Galeco PVC» виготовлена з полівінілхлориду, що є продуктом полімеризації вінілхлориду. Такий матеріал характеризується високою механічною міцністю, негорючий, стійкий до корозії, хімічно стійкий до більшості агресивних речовин, що розчиняються в дощовій воді, біологічно стійкий до бактерій. У 2008 році система «Galeco PVC» була покращена ринвами нової якості, виготовленими згідно сучасної технології виробництва - методом коекструзії. Несучий шар, який є основою профілю, нерозривно пов'язаний із зовнішнім шаром, що дозволяє максималізувати різні параметри: у внутрішньому шарі максималізується механічна міцність, у зовнішньому - стійкість до ультрафіолетового випромінювання, не втрачає колір і блиск. Відмінною рисою кожної системи Galeco є внутрішній вигин краю ринви. Це гарантує, що навіть під час сильних опадів вода не буде вилитися через ринву.

Таблиця 1

Пропускна здатність системи

Установки стічної труби	90/50	110/80	130/80	130/100	150/100	180/125
	36 m ²	58 m ²	99 m ²	99 m ²	148 m ²	220 m ²
	73 m ²	116 m ²	198 m ²	198 m ²	296 m ²	440 m ²

Основні переваги системи «Galeco PVC», які варто виділити, це в першу чергу стійкість системи до розширення, яке забезпечується завдяки світлій внутрішній частині ринв, завдяки чому система нагрівається на 15% менше. Всі елементи «Galeco PVC» були ідеально розроблені, щоб система при правильному монтажі могла служити протягом багатьох років. З'єднувач ринви та лійка мають спеціальні бокові тримачі. Завдяки цьому ці елементи кріпляться до лобової поверхні, забезпечуючи стабільність всієї системи, в той час як єдиним рухомим елементом залишається ринва. Для простішого встановлення системи на з'єднувачах та кутах відмічені лінії монтажу, які дозволяють правильно задати компенсаційний проміжок при різній температурі повітря під час монтажу. Також потрібно відмітити перший на ринку універсальний регульований кут, який дозволяє з'єднувати ринви під різними кутами. Це економить час та гроші на замовлення нестандартного кута.



Рисунок 1. Кут ринви зовнішній регульований ПВХ

Система «Galeco STAL» виготовлена з високоякісної сталі з органічним покриттям. Високу міцність сталі забезпечують додаткові 4 захисні оболонки, які захищають матеріал від негативного впливу атмосферних чинників. Товщина сталеві серцевини становить 0,6 мм. Матеріал системи з обох боків оцинкований, пасивуючий та покритий захисним і естетичним покриттям.



Рисунок 2. Структура матеріалу сталі

Galeco першою на ринку розробила повну систему захисту сталевих труб. Основою системи є кришки, які захищають середину водостічної труби від забруднень і вологи, додатково запобігаючи знищенню країв під час перевезення. Другим елементом системи є плівка, яка захищає водостічні труби і ринви від пошкоджень під час зберігання та транспортування. Це дозволяє монтувати довгі елементи системи без будь-яких подряпин. Внутрішній шов труби знижує ризик тертя труб під час складання. Плівку і кришку потрібно знімати перед самим встановленням системи «Galeco STAL».

Це гарантує, що на даху буде встановлено непошкоджену та естетичну водостічну систему. Система «Galeco STAL» є інноваційною системою, в якій окремі елементи ретельно продумані. Сучасні широкі з'єднувачі з збільшеною поверхнею гарантують стабільність системи. Нові кути ринви доповнюють перевірену систему ущільнювачів з інноваційним вирішенням. Ущільнювачі виготовлені з EPDM - гнучкого, еластичного, стійкого до старіння матеріалу. Крім того, не потрібно використовувати з'єднувачів, що знижує загальну вартість системи. Ринва встановлюється безпосередньо до кута просто і швидко.

Ще один продукт, який є суміжним до водостічних систем та є однією з новинок, які пропонує наша компанія - це «Galeco Deco».

Софіт - це пластикові панелі, які використовуються для підшивки покрівлі. Він забезпечує вентиляцію покрівлі та виконує декоративну функцію, поєднується з водостічними системами в кольорі та різними покрівельними матеріалами. Його застосування дозволяє швидко і просто

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

поліпшити естетику будівлі. Невелика вага дає можливість встановлювати його навіть на делікатних спорудах. Стійкий до атмосферних впливів та не потребує постійної обробки.



Рисунок 3. Кут ринви зовнішній регульований СТАЛЬ

Інноваційним рішенням компанії є запатентована водостічна система «Galeco BEZOKAPOWY», призначена для встановлення в слої утеплення фасаду, у будівлях які не мають звичайного карнизу. Інноваційність системи «Galeco BEZOKAPOWY» полягає в тому, що кронштейн і декоративну планку скріплюють на замок.



Рисунок 4. Galeco BEZOKAPOWY

Система складається з сталевий ринви із прямокутним профілем шириною 125 мм і водостічної труби з ПВХ розміром 70x80 мм. Система «Galeco BEZOKAPOWY» 125/70x80 використовується для приватних будинків, та невеликих промислових об'єктів з дахами без карнизів. За допомогою прямокутного профілю ринва має більш високу продуктивність, ніж ринва 125 мм круглого профілю. Прямокутна труба розроблена спеціально для прихованої інсталяції відводу води в утеплюючому слої будинку. Спеціально розроблений кронштейн для лобової дошки має замки в нижній частині, тому у ньому можна просто закріпити декоративну планку. Цей елемент можна зняти у будь який момент при встановленні ринви.

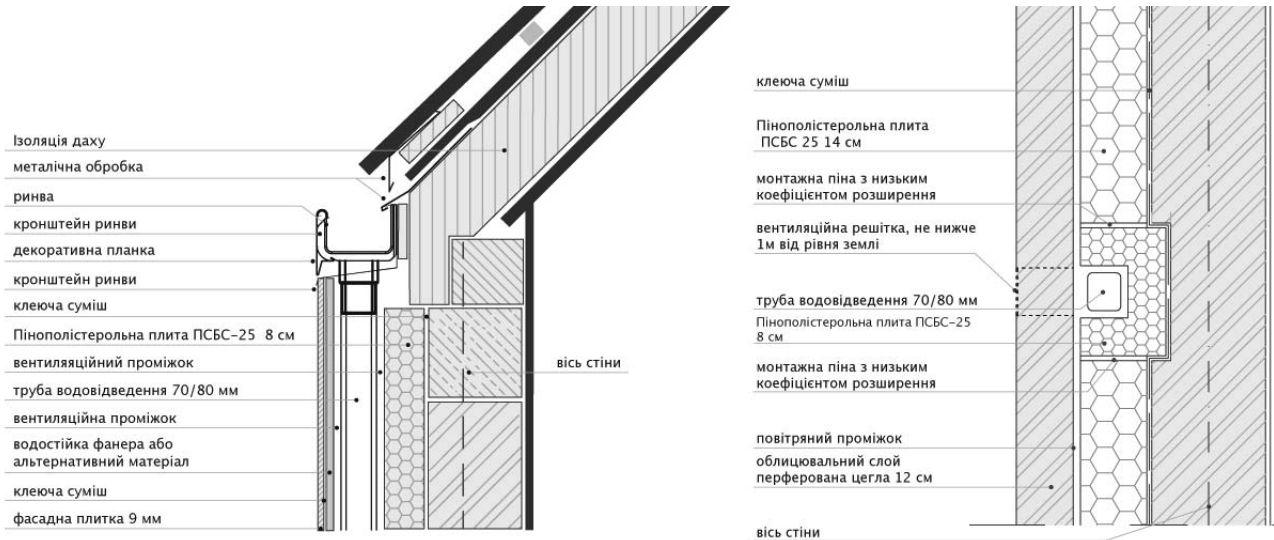


Рисунок 5. Приклад монтажу Galeco BEZOKAPOWY

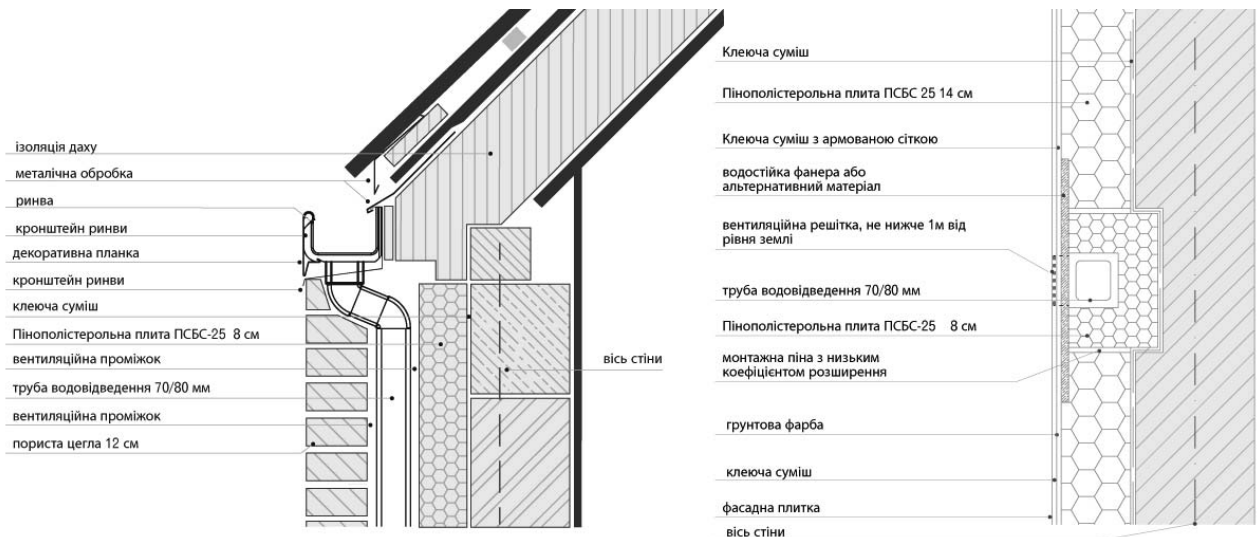


Рисунок 6. Приклад монтажу Galeco BEZOKAPOWY

З вище наведеного можна сказати, що у сучасному будівництві одну з важливих ролей займає правильно організована водостічна система. Завдяки їй будинок прослужить на багато років довше, оскільки на фундамент та стіни не буде впливати згубний вплив дощових вод.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

При плануванні будівлі потрібно ретельно продумувати водостічну систему, щоб найбільш якісно та правильно відвести воду. Також слід вибирати з якого матеріалу повинна бути виконана система, та вибирати перевіреного роками виробника. Компанія Galeco пропонує широкий асортимент продукції «Galeco PVC», «Galeco STAL», «Galeco LUXOCYNK», «Galeco DECOR», «Galeco BEZOKAPOWY», та працює над покращенням існуючих водостічних систем так і над новинками. Такою новинкою є «Galeco BEZOKAPOWY», оскільки призначена для будинків у яких відсутній карниз. Це є важливим рішенням у сучасному будівництві. Також система відмінна від звичних тим, що може встановлюватись в утеплюючий слой будинку, таким чином, що ззовні вона не примітна.

ЛІТЕРАТУРА

1. <http://buduyhatu.com.ua/yak-zibrati-vodostoki-dlya-dahu-svoyimi-rukami.html>
2. <http://3dtdor.ru/241-vodostichni-sistemi-vlashtuvannja-vodostichnih.html>
3. <http://gips.rv.ua/instrumenti/pristrij-vodostokiv/>
4. <http://galeco.com.ua/>
5. <http://galeco.pl>
6. <http://bezokapowy.pl/>

УДК 628.2

Водосточные системы и их роль в современном строительстве

/Кмець Т.В./

Рассмотрены организации отвода дождевых вод, и как они применяются. Очерчены основные виды водосточных систем, а именно системы из ПВХ и металла (оцинкованные, оцинкованные с покрытием, медные, титан-цинковые, алюминиевые). раскрыто их преимущества и недостатки. Описаны основные продукты компании Галеко на рынке водосточных систем: «GalecoPVC», «Galeco STAL», «Galeco LUXOCYNK», «Galeco DECOR». Рассмотрено новейшую запатентованную компанией Галеко систему водоотвода «Galeco BEZOKAPOWY».

Ключевые слова: водосток, водосточная система, система отвода воды.

UDC 628.2

Drainage systems and their role in modern construction

/Taras Kmets /

It is considered what the removal of rainwater is and how they are used. It is outlined the main types of drainage systems and a system of PVC and metal (galvanized, coated, galvanized, copper, titanium - zinc, aluminum). It is revealed their advantages and disadvantages. It is reviewed the basic products of Galeco on the market of drainage systems: “Galeco PVC”, “Galeco STAL”, “Galeco LUXOCYNK”, “Galeco DÉCOR”. It is considered the latest drainage system patented by Galeco.

Keywords: drain, drainage systems, water drainage system.

**ЗАХИСНІ КОМПОЗИЦІЇ
ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

**ЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**PROTECTING COMPOUNDS
AND WATERPROOFING PRODUCTS**

УДК 691.175:666.96+541.1

*Пушкарьова К.К., д.т.н., професор,
Суханевич М.В., к.т.н., доцент,
Марціх А.С., аспірант,
Київський національний університет будівництва і
архітектури,
Повітрофлотський пр-т, 31, 03037, м. Київ, Україна
e-mail: martsih@bigmir.net*

ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ ШТУКАТУРНІ РОЗЧИНИ НА ОСНОВІ НАНОМОДИФІКОВАНИХ ЦЕМЕНТІВ З ДОБАВКАМИ АЛЮМОСИЛІКАТІВ ШАРУВАТОЇ БУДОВИ

У статті досліджується вплив комплексної добавки, що включає дисперсію вуглецевих нанотрубок в пластифікаторі та алюмосилікати шаруватої будови, на властивості гідроізоляційних розчинів, отриманих з використанням шлакомісткого цементу ПЦ-П-А/Ш 400 та фракціонованого піску крупністю < 0,63 мм.

Ключові слова: *шлакомісткий портландцемент, бентоніт, наномодифікація, вуглецеві нанотрубки, пластифікатор, механічні властивості, тріщиностійкість, гідроізоляційні покриття.*

ВСТУП

В останні десятиліття суттєво виріс інтерес до застосування нанотехнологій в будівельних матеріалах, оскільки результати таких досліджень можуть стати основним напрямом впровадження в практику принципово нових матеріалів з покращеними фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками [1-3]. Одним із таких напрямів є модифікація цементних композицій добавками вуглецевих нанотрубок (ВНТ), однак такі в'язучі композиції використовуються, в основному, для виготовлення наномодифікованого бетону [4,5], що не є раціональним, враховуючи високу вартість нанодобавок. Більш доцільно використовувати такі в'язучі речовини при виготовленні тонкошарових матеріалів.

Найбільш розповсюдженим засобом покращення експлуатаційних властивостей бетонних конструкцій є нанесення різних захисних покриттів, зокрема гідроізоляційних, серед яких найбільш поширеними та недорогими є штукатурні гідроізоляційні розчини на основі цементу, модифікованого різними добавками. Однак такий підхід до проектування складу не включає модифікування нанорівня, що в свою чергу могло б надати принципово нових властивостей гідроізоляційним розчинам, а також максимально підвищити їх ефективність. В даній роботі розглядається можливість створення гідроізоляційних розчинів з використанням комплексного підходу до проектування складу матеріалу, що включає оптимізацію структури на всіх рівнях, включаючи мезо-, мікро- та нанорівень.

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є встановлення можливості використання наномодифікованих цементів з добавками алюмосилікатів шаруватої будови для отримання гідроізоляційних розчинів, а також дослідження їхніх фізико-механічних та експлуатаційних властивостей.

СИРОВИННІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як сировинні матеріали в дослідженнях використовували портландцемент марки ПЦ-ІІ/А-Ш 400, розчини пластифікаторів різних типів та торгових марок, а саме лігносульфанатного типу (з незначним вмістом полікарбоксилату) Sikaplast-520 (ТМ «Sika»), меламінформальдегідного типу Muraplast FK-98 (ТМ «МС-Vauchemie»), нафталінформальдегідного типу СП-1 (ТМ «Поліпласт») та полікарбоксилатного типу МС Power Flow 3100 (ТМ «МС-Vauchemie»), річковий кварцовий пісок та неочищені багат шарові вуглецеві нанотрубки, що вкриті аерогелем кремнію, з міжплощинними відстанями 0,34...0,36 нм і розміром частинок 60...200 нм.

Вуглецеві нанотрубки вводили у кількості 0,005, 0,01 та 0,015% від маси цементу у вигляді водної дисперсії суперпластифікатора.

Дисперсії готували в гомогенізаторі кавітаційного принципу дії, що забезпечує рівномірне розподілення наночастинок в пластифікаторі, кількість нанотрубок становила 0,5, 1 та 1,5% від маси пластифікатора. Вміст пластифікатора або дисперсії у водному розчині становив 1% від маси цементу.

Міцність цементного каменю визначали на зразках-кубах 2x2x2 см та зразках-балочках 1x1x6 см після твердіння в стандартних умовах протягом 3, 7 та 28 діб. Кінетику набору міцності цементно-піщаних зразків досліджували за стандартною методикою на зразках-балочках 4x4x16 см після твердіння в стандартних умовах протягом 28 діб за ДСТУ Б.В.2.7-187:2009.

Тріщиностійкість цементного каменю визначали за методикою, розробленою Р. Левміт та ін. За цією методикою з цементного тіста формують зразок-кільце внутрішнім діаметром 90 мм і зовнішнім 127 мм при висоті 40 мм. Усередині кільця заформовується сталеве осердя, що запобігає вільній усадці цементного каменю при його висиханні. Цемент в кільці твердіє в умовах 100% вологості середовища протягом 20 ± 2 ч. Після цього з цементного кільця знімають зовнішню частину форми і його разом з осердем поміщають в повітряне середовище з відносною вологістю $50 \pm 5\%$. Випаровування в цих умовах води з кільця супроводжується деформаціями усадки, які викликають через певний термін утворення тріщин.

Капілярне водопоглинання покриттів, нанесених на заздалегідь підготовлену бетонну основу, визначали за допомогою трубки Карстена протягом 24 год. за ДСТУ Б В.2.7-126: 2011.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Попередніми дослідженнями [6,7] було встановлено взаємозв'язок між кінетикою нарощування міцності та процесами структуроутворення в'язучих композицій на основі портландцементів ПЦ-І 500 та ПЦ-ІІ-А/Ш 400, модифікованих чистими пластифікаторами різних типів та дисперсіями вуглецевих нанотрубок на їх основі: при зниженні пластичної міцності цементного тіста у часі, за рахунок введення нанотрубок, має місце збільшення ступеня дисперсності в'язучих композицій, що забезпечує при твердінні високу кінетику набору міцності, особливо при використанні цементу ІІ типу, який містить шлак. Враховуючи зазначене, для подальших досліджень було обрано саме шлакомісткий портландцемент.

З метою встановлення впливу дисперсій нанотрубок в пластифікаторі на фізико-механічні властивості, було досліджено зміну міцності при стиску та при згині зразків цементно-піщаного розчину складу Ц:П=1:3 на основі шлакомісткого цементу, модифікованого дисперсіями ВНТ в пластифікаторах різних типів з різним вмістом нанотрубок на 28 добу (рис. 1).

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Аналіз даних що до впливу нанотрубок на міцність зразків цементно-піщаного розчину показує, що краще впливають на міцність при стиску добавка дисперсій на основі пластифікаторів Muraplast FK-98 та Sikaplast-520, а саме дисперсії з вмістом 1% ВНТ. Міцність зразків збільшилась на 22...26%, порівняно з міцністю зразків з добавкою лише пластифікатора.

Найвищими показниками міцності на згин характеризується в'язуча композиція з добавкою дисперсії на основі Muraplast FK-98, що містить 1% нанотрубок від маси пластифікатора. Міцність на 28 добу зростає на 38% порівняно з міцністю зразків аналогічного складу, але з добавкою лише пластифікатора.

Таким чином найбільш ефективними з точки зору збільшення міцності цементно-піщаного розчину є пластифікатори лігносульфанатного та меламінформальдегідного типу. Вірогідно, що ефективність дії пластифікаторів пов'язана не тільки з їх хімічним складом, а й з їх структурою, що включає бензольні кільця.

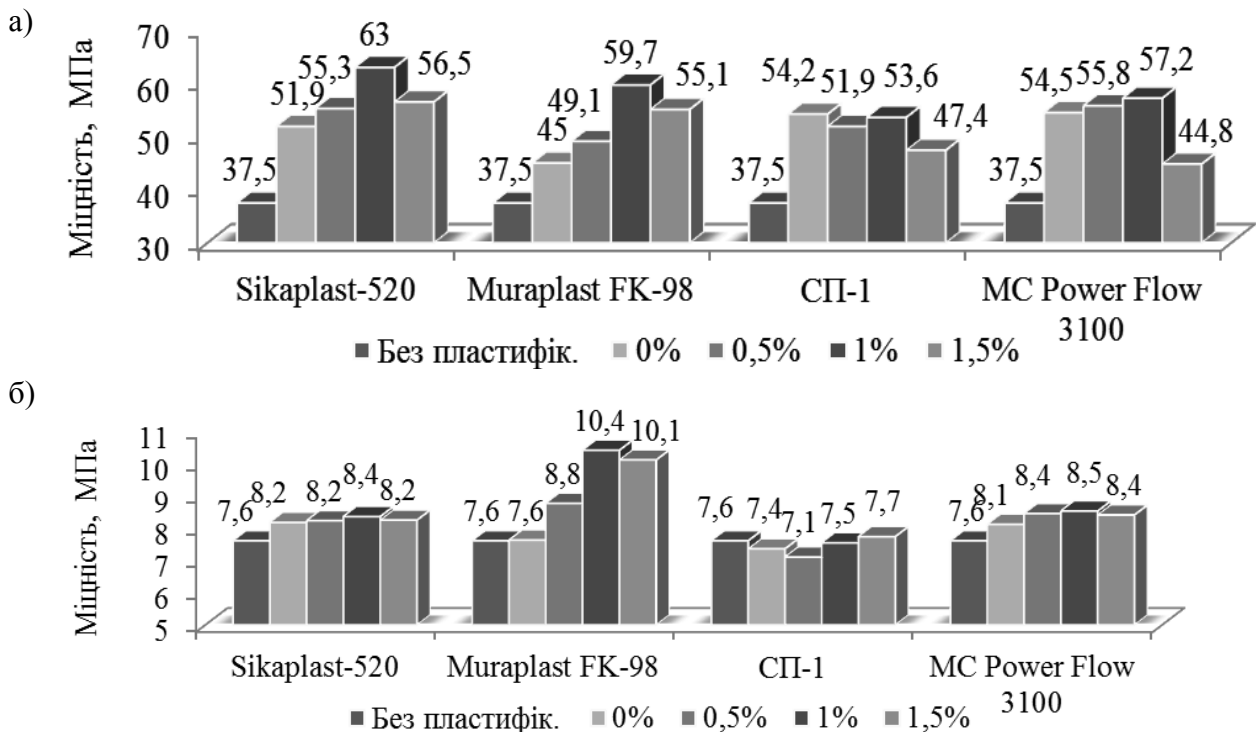


Рисунок 1. Зміна міцності на 28 добу твердіння при стиску(а) та при згині(б) зразків шлакомісткого цементного розчину, модифікованого як пластифікаторами 4-х типів, так і дисперсіями на їх основі з різним вмістом нанотрубок

З метою оцінки ефективності використання шлакомістких цементів для отримання гідроізоляційних матеріалів було досліджено тріщиностійкість цементного каменю. Для експерименту було обрано в'язучу речовину, модифіковану 1% дисперсіями нанотрубок в пластифікаторі, оскільки саме така добавка є найбільш ефективною, як показано вищенаведеними дослідженнями. Результати дослідження наведені на рис. 2.

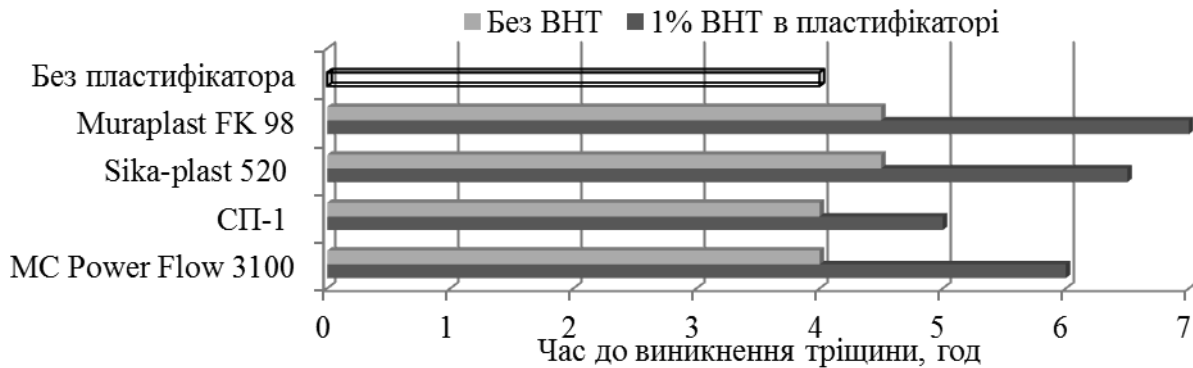


Рисунок 2. Оцінка тріщиностійкості шлакомісткого цементного каменю, модифікованого пластифікаторами різних типів та нанотрубками в їх складі

Аналізуючи отримані данні можна зауважити, що тріщиностійкість цементного каменю майже не залежить від типу пластифікуючої добавки та її наявності, однак присутність в складі цементних композицій дисперсії вуглецевих нанотрубок позитивно впливає на його тріщиностійкість. Найвищою тріщиностійкістю характеризуються зразки, виготовлені з додаванням дисперсії нанотрубок на основі пластифікатора Muraplast FK-98, початок тріщиноутворення в яких спостерігається в середньому на 2,5 год. пізніше, ніж у зразках аналогічного складу без нанотрубок.

Проведені дослідження показують ефективність модифікації шлакомісткого цементу дисперсіями вуглецевих нанотрубок в пластифікаторах, однак для створення захисного гідроізоляційного покриття не достатньо самого лише шлакомісткого портландцементу, модифікованого нанотрубками, оскільки відбувається зміна властивостей лише на нанорівні. Для створення ефективного гідроізоляційного покриття, необхідно забезпечити його оптимальну структуру на всіх рівнях, включаючи мезо- та мікрорівень.

Для регулювання структури тонкошарових гідроізоляційних покриттів на мікрорівні, класичним прийомом є використання алюмосилікатних добавок шаруватої будови, а саме бентонітової глини, що в присутності води здатна до набухання та створення водонепроникного шару. Алюмосилікатну добавку подрібнювали до питомої поверхні не менш ніж 10 000 см²/г та вводили в кількості 5% від маси в'язучої речовини.

Задля оцінки ефективності комплексної добавки, було досліджено фізико-механічні властивості штучного каменю на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавкою бентоніту та дисперсіями наночастинок в пластифікаторах різних типів, що містять 1% вуглецевих нанотрубок від маси пластифікатора (рис. 3).

При дослідженні зміни міцності зразків на стиск (рис. 3, а) було встановлено позитивний вплив добавки дисперсій нанотрубок на міцність шлакомісткого цементного тіста та відмічено збільшення міцності на 28 добу твердіння всіх складів на 6...45%, порівняно з міцністю зразків без нанотрубок, окрім зразків, модифікованих дисперсією нанотрубок на основі пластифікатора СП-1.

Було відмічено, що найбільш високим приростом міцності каменю на стиск характеризуються зразки, що отримані на основі шлакомісткого цементу, модифікованого 1% дисперсією нанотрубок в лігносульфанатному пластифікаторі Sika-plast-520 та добавкою бентоніту в кількості 5% від маси в'язучої речовини, міцність яких на 3, 7 та 28 добу на 25, 60 та 12% вища, порівняно з міцністю каменю аналогічного складу без нанотрубок.

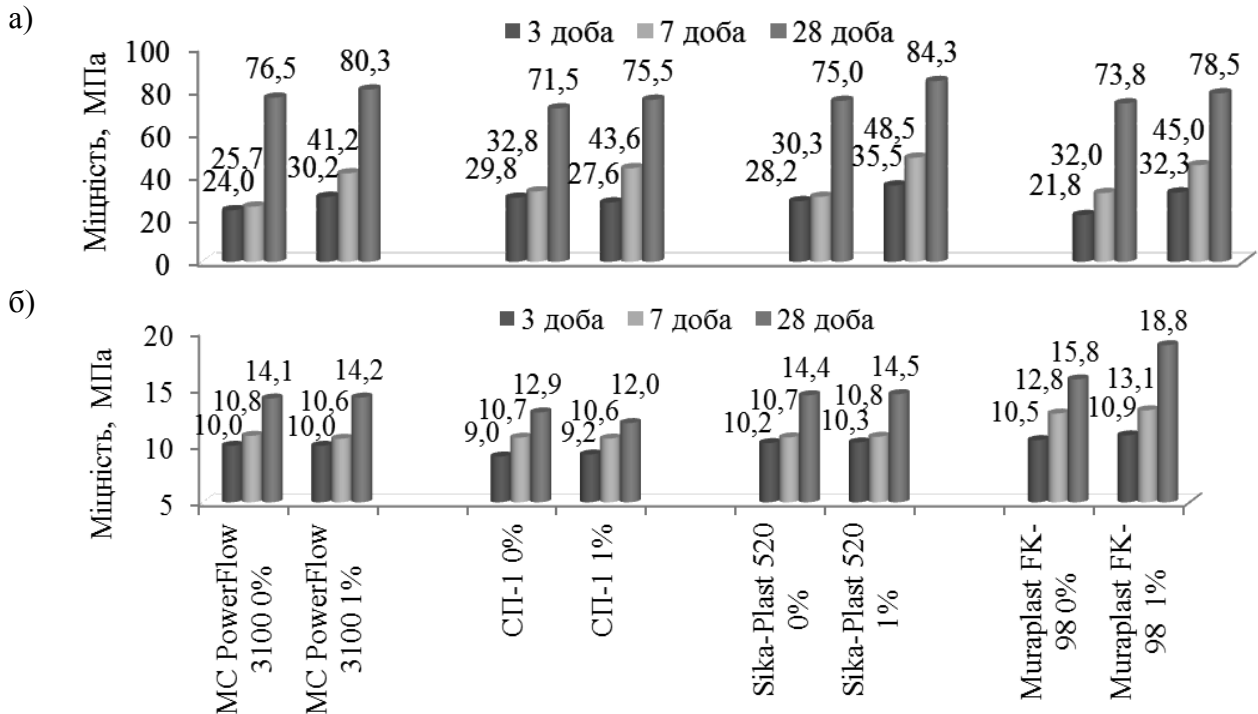


Рисунок 3. Зміна міцності на стиск (а) та на згин (б) шлакомісткого цементного каменю, модифікованого алюмосилікатною добавкою, а також пластифікаторами різних типів (0%) та нанотрубками в їх складі (1%)

Встановлено, що міцність на згин зразків на основі шлакомісткого цементу з алюмосилікатною добавкою, модифікованого нанотрубками (рис. 3, б) завжди вища, порівняно з немодифікованим, окрім зразків, отриманих з використанням пластифікатора СП-1. Міцність на згин є найвищою для складу в'язучої речовини на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавкою бентоніту та дисперсії нанотрубок на основі меламінформальдегідного пластифікатора і становить 18,8 МПа на 28 добу твердіння, що на 38% більше, ніж міцність контрольного складу з добавкою бентоніту та чистого пластифікатора.

З метою оцінки впливу кількості добавки алюмосилікатів шаруватої будови на захисні властивості гідроізоляційних покриттів, було досліджено капілярне водопоглинання гідроізоляційних покриттів на основі шлакомісткого цементу, модифікованого дисперсією нанотрубок в пластифікаторі (рис.4). Як наномодифікуючу добавку було обрано дисперсію, на основі меламінформальдегідного пластифікатора Muraplast FK-98, що містить 1% нанотрубок. Дослідження виконані з використанням 2-факторного методу планування експерименту. В якості змінних факторів було обрано величину цементно-піщаного співвідношення, а також вміст алюмосилікатної добавки.

Встановлено, що найнижчим значенням капілярного водопоглинання характеризується гідроізоляційний розчин, що складається з фракціонованого піску крупністю < 0,63 мм та в'язучої речовини, що представлена шлакомістким портландцементом, модифікованим комплексною добавкою бентонітової глини в кількості 7,5% та дисперсії нанотрубок в пластифікаторі Muraplast FK-98, з Ц:П = 1:1,5.

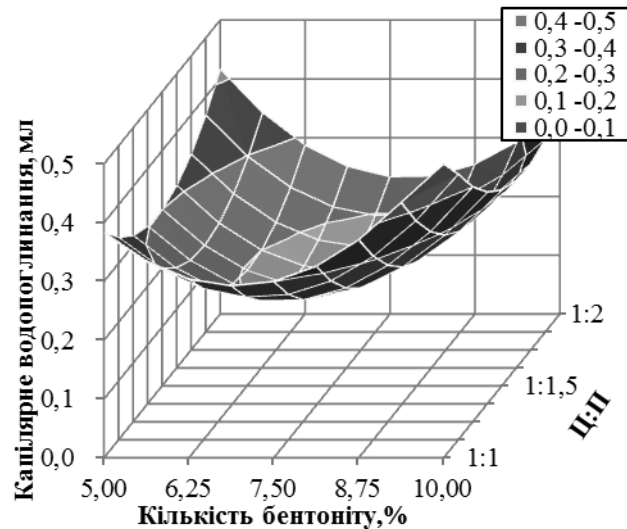


Рисунок 4. Зміна капілярного водопоглинання на 7 добу гідроізоляційного покриття на основі наномодифікованої шлакомісткої в'язучої речовини, що містить бентонітову глину, та фракціонованого піску крупністю $< 0,63$ мм, в залежності від кількості алюмосилікатної добавки та цементно-піщаного співвідношення

Отриманий показник, що склав 0,1 мл, свідчить про низьке водопоглинання та забезпечує високі гідроізоляційні властивості покриттів.

ВИСНОВКИ

1. Показано позитивний вплив дисперсій вуглецевих нанотрубок в пластифікаторах різних типів на фізико-механічні властивості шлакомісткого цементно-піщаного розчину та встановлено, що більш ефективними є добавки дисперсій на основі пластифікаторів Muraplast FK-98 та Sikaplast-520, а саме дисперсії з вмістом 1% ВНТ.

2. З'ясовано, присутність в складі цементних композицій дисперсії вуглецевих нанотрубок призводить до збільшення часу тріщиноутворення в середньому на 1...2,5 год., порівняно зі зразками з добавкою лише пластифікатора.

3. Встановлено покращення фізико-механічних властивостей при введенні до складу шлакомісткої в'язучої речовини комплексної добавки, яка включає бентонітову глину та дисперсію вуглецевих нанотрубок в меламінформальдегідному пластифікаторі. Відмічено збільшення міцності на 28 добу твердіння всіх складів з добавкою на 6...45%.

4. Встановлено, що найнижчим значенням капілярного водопоглинання характеризуються гідроізоляційний розчин, що складається з фракціонованого піску крупністю $< 0,63$ мм та в'язучої речовини, що представлена шлакомістким портландцементом, модифікованим комплексною добавкою бентонітової глини в кількості 7,5% та дисперсії нанотрубок в пластифікаторі Muraplast FK-98, з Ц:П = 1:1,5.

5. Використання комплексного підходу до проектування складу гідроізоляційного розчину, що включає оптимізацію структури на всіх рівнях, дозволяє максимально знизити величину капілярного водопоглинання (до 0,1 мл) та отримати ефективне гідроізоляційне покриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mann S. Nanotechnology and Construction // Nanoforum.org. European Nanotechnology Gateway. 2006.
2. Wegner T., Winandy J., Ritter M. Nanotechnology Opportunities in Residential and Non-Residential Construction // Proceeding of International Symposium on Nanotechnology in Construction. Bilbao: Spain, 2005.
3. Королев Е.В. Проблемы и Перспективы Нанотехнологии в строительстве // Известия КазГАСУ. Строительные материалы и изделия., 2010, С. 200–208.
4. Колб Д.А., Чумадова Л.И. Перспективы наномодификации бетона // Материалы научно-практической конференции с международным участием (XLI Неделя науки СПбГПУ) 2011. Ч. 1. С. 14-16.
5. Анализ и перспективы применения эффективных ресурсосберегающих технологий в производстве бетона / А. П. Иванова, О. И. Труфанова // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2014, № 5 (53). С.150-156.
6. Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Марціх А.С. Особливості процесів структуроутворення гідроізоляційних покриттів, модифікованих нанотрубками // «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка». – Київ, НДІБМВ, 2014. – Вип. 53. – С. 8-13.
7. Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Марціх А.С. Вплив вуглецевих нанотрубок на процеси структуроутворення шлакомісткого цементного каменю // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса, 2015, №57. – С. 380-386.

УДК 691.175:666.96+541.1

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ШТУКАТУРНЫЕ РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОВ С ДОБАВКАМИ АЛЮМОСИЛИКАТОВ СЛОИСТОГО СТРОЕНИЯ

/Пушкарева К.К., Суханевич Н.В., Марцих А.С./

В статье исследуется влияние комплексной добавки углеродных нанотрубок и алюмосиликатов слоистого строения на свойства гидроизоляционных растворов.

Ключевые слова: бентонит, наномодификация, углеродные нанотрубки, пластификатор, механические свойства, трещиностойкость, гидроизоляционные покрытия.

UDC 691.175:666.96+541.1

WATERPROOFING PLASTERS BASED ON NANO-MODIFIED CEMENT WITH LAYERED STRUCTURE ALUMINOSILICATES ADDITIVES

/Pushkarova K.K., Sukhanevych M.V., Martsikh A.S./

The article explores the effects of complex additives of carbon nanotubes and layered silicates on the properties of waterproofing solutions.

Keywords: bentonite, nanomodified, carbon nanotubes, a plasticizer, mechanical properties, crack resistance, waterproofing coating.

*Синякин А.Г., к.т.н, доцент кафедры ФХМиТСМИ
Харьковского национального университета строительства
и архитектуры,*

*Панченко А.В. директор по развитию бизнеса
ООО «Сика Украина»,
03680 г. Киев, ул. Смольная, 9Б,
тел.: +38(044) 492 94 19, моб:+38(050) 323-75-07
e-mail: Sinyakin.Anatoliy@ua.sika.com*

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ SIKA ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В работе рассмотрены вопросы изготовления и ремонта подземной гидроизоляции различных сооружений и объектов с помощью современных материалов и технологий, которые представляет концерн Sika на рынке Украины.

Ключевые слова: бетон, водонепроницаемость, гидроизоляция, конструкция, материал, основа, полимер, система, шов.



Одним из лидеров в этом сегменте рынка строительных материалов вот уже более 100 лет является концерн Sika, который был основан в начале XX века в Швейцарии. В своей работе концерн ориентируется на исследования собственных научных центров в Швейцарии, Германии, США, Японии, Бразилии, на свой опыт ремонта и последующей эксплуатации отремонтированных сооружений (до 30 лет) и, конечно же, на требования стандартов, действующих на территории Европы. По данным исследований, концерн занимает первое место в мире по реализации материалов и технологий для гидроизоляции зданий и сооружений.

Сегодня Sika представляет практически все известные системы и материалы, кроме того, с течением времени ассортимент продуктов для гидроизоляции увеличивается и совершенствуется: добавки в бетоны, повышающие его водонепроницаемость и долговечность SikaPlast[®], Sika[®]-1, SikaViscocrete[®] и т.д.; ПВХ гидрошпонки SikaWaterbar[®] для гидроизоляции рабочих и деформационных швов; обмазочные и мигрирующие составы на минеральной и полимерной основе Sika[®] 101 HD, SikaTop[®]-107, Sikalastic[®]-152, пенетрирующий SikaSeal[®]-210 Migrating; разбухающие при контакте с водой профили и герметики SikaSwell[®]; полимерные смолы для инъектирования- Sika[®] Injection; ПВХ, ТПО и другие мембраны для различной гидроизоляции – Sikaplan[®]; полиуретановые покрытия Sikalastic[®]. Сегодня выбор материалов и технологий настолько широк, что становится реальностью многолетние (более 50 лет) сроки эксплуатации гидроизоляции ответственных объектов: мостов, тоннелей, подземных частей зданий и сооружений.

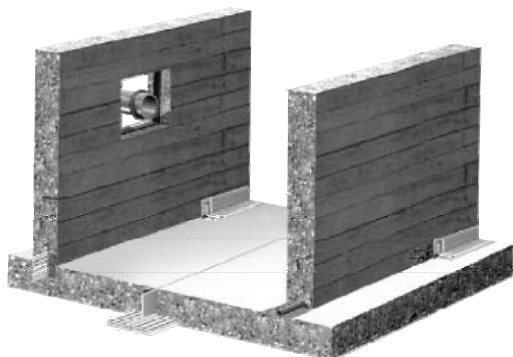
БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Сегодня бетон остаётся наиболее распространённым конструкционным строительным материалом. Большинство гидросооружений и сооружений, где необходима гидроизоляция, возводятся из бетона, поэтому дальнейшие рассуждения будем вести только относительно бетона. Бетонную конструкцию можно считать водонепроницаемой, если количество воды, подводимое с одной стороны, будет меньше количества воды, испаряющейся с противоположной стороны конструкции. Поэтому бетонная плита может быть паропроницаема и водонепроницаема одновременно, вопрос только в том, до какой степени водонепроницаема данная структура. В первую очередь снижают водонепроницаемость бетона дефекты структуры самого бетона.

Проблемы гидроизоляции зданий и сооружений можно свести к двум основным моментам:

1. Недостаточной плотностью бетона (пористость, вызванная наличием лишней воды затворения; усадка бетона и цементного камня, с неизбежным образованием усадочных трещин; нерациональная гранулометрия заполнителя и пр.)
2. Наличием швов в конструкции

Все системы и материалы для гидроизоляции сооружений предназначены для преодоления этих двух проблем, после их решения, можно отказаться от сплошной гидроизоляции и тогда данная система имеет название «белая ванна».



SikaViscoCrete, SikaPlast – добавки в бетоны

Sikadur-Combiflex – система герметизации деформационных швов

SikSwell – набухающие профили и герметики

SikaWaterbar – гидрошпонки для Конструкционных и деформационных швов

Проблема неплотной структуры самого бетона решается уплотнением бетона, каким-либо способом или созданием на поверхности бетона водонепроницаемого слоя, имеющего хорошую адгезию к самому бетону.

Без швов в бетонных конструкциях не обойтись, они вызваны как необходимостью перерывов в бетонировании, так и конструктивными особенностями сооружения. Поэтому швам в бетонных гидросооружениях необходимо уделять особое внимание. Швы в конструкциях являются концентраторами напряжений, и они имеют особенность расходиться, поэтому герметизация швов должна производиться только эластичными материалами. Любой жесткий материал, имеющий хорошую адгезию к основанию, из-за неизбежной усадки бетона или температурных деформаций со временем может треснуть, а шов перестанет быть водонепроницаемым.

Обеспечение плотной структуры бетона при новом строительстве

Бетон является капиллярно-пористым телом по своей природе, замкнутая пористость в бетоне не так опасна как система сообщающихся пор и капилляров, через которую может просачиваться вода. Наличие и количество такой опасной пористости в основном определяются наличием в структуре свободной, не вступающей в реакцию воды, поэтому необходимо стремиться к снижению количества воды затворения и улучшением качества цемента.



Пористость бетона зависит от тщательности подбора заполнителя и решается качественным подбором гранулометрии заполнителя. Для уменьшения количества воды затворения и соответственно водо-цементного отношения при сохранении подвижности бетонной смеси во всем мире широко применяются пластификаторы. Снижение водоцементного соотношения позволяет существенно уменьшить объем пор в бетоне и резко увеличить его водонепроницаемость. Традиционные суперпластификаторы не позволяют получать литой бетон с высоким показателем по водонепроницаемости. Одна из последних разработок компании Sika - это суперпластификаторы четвертого поколения SikaPlast[®], SikaViscoCrete[®] на базе поликарбоксилатов. С помощью этих пластификаторов можно получить самоуплотняющийся бетон, т.е. бетон с очень высокой подвижностью, не требующий вибрирования при укладке.

Суперпластификаторы серии SikaPlast[®], SikaViscoCrete[®] позволяют уменьшить водоцементное отношения до 35% при увеличении подвижности бетонной смеси, что приводит к уменьшению пористости бетона, уменьшению усадки бетона. Снижение водо-цементного соотношения с 0,6 до 0,4 уменьшает усадку бетона примерно в 2 раза. Рекомендуемая дозировка добавок 0,2 - 1,5% от веса цемента. Суперпластификаторы серии SikaPlast[®], SikaViscoCrete[®] ускоряют набор бетоном прочности на начальной стадии, что снижает риск появления усадочных трещин.

Компания Sika производит добавки для цементно-песчаных растворов, увеличивающие водонепроницаемость растворных смесей. Они также могут применяться для получения водонепроницаемого бетона.

Улучшение плотности бетона при ремонтных работах или в уже существующих сооружениях

Не всегда удаётся добиться поставки бетона требуемого вида и качества, часто работы по бетонированию ведёт одна компания, а гидроизоляцией занимается другая. Также возникают задачи по гидроизоляции подвалов при реконструкции зданий, например, при желании заказчика обустроить помещение в подвале старого дома в центральной части города, где нет свободного места под новое строительство.

В качестве материалов для уплотнения структуры бетона Sika предлагает широкую гамму инъекционных материалов. Они обладают низкой вязкостью, безусадочностью, имеют высокую адгезию к бетону, могут использоваться как на сухом, так и на влажном бетоне.



Материалы данной группы по типу вяжущего делятся на три группы:

- готовые смеси на основе микроцемента и добавок для инъекционных смесей на базе цемента;
- смеси на основе эпоксидных смол;
- смеси на основе полиуретановых смол.

В свою очередь полиуретановые материалы подразделяются на составы, вспенивающиеся при контакте с водой и набухающие инъекционные материалы.

Вспенивающиеся материалы предназначены для ликвидации течей, но только если основная структура бетона не нарушена и течет из небольших трещин. Эти материалы двухкомпонентные, второй компонент является ускорителем полимеризации.

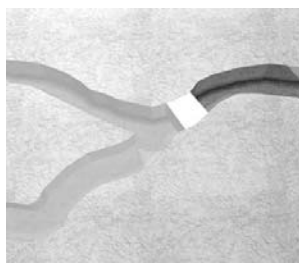
После смешивания двух компонентов, готовая смесь может храниться до 6 часов без ухудшения свойств, реакция начинается только после контакта с водой. В зависимости от дозировки ускорителя процесс вспенивания может начаться через 10 – 15 секунд после контакта с водой, полная полимеризация наступит через несколько минут. Данные материалы предназначены только для остановки течей, для ремонта необходимо использовать другие инъекционные материалы.

Набухающие полимерные материалы, при контакте с водой увеличиваются в объеме в два раза, при этом получается очень плотная структура в теле бетона, полностью перекрывающая воду.

Микроцементные и эпоксидные материалы служат не только для уплотнения структуры бетона, но и для повышения его прочности. Этими материалами можно восстанавливать несущую способность «старых» железобетонных конструкций

Если необходимо выполнить гидроизоляцию старой конструкции с разрушившимся бетоном, то, прежде всего, необходимо остановить течи и отремонтировать дефекты.

Материалы, применяемые для ремонта, должны быть безусадочными и обладать определенной эластичностью, так как они могут наноситься, как на бетон, возраст которого более 10 лет, где прошли все усадки, так и на молодой бетон, возраст которого несколько месяцев. Адгезия ремонтных составов к бетону должна быть не менее прочности старого бетона на растяжение. Для ремонта бетона разработаны смеси на основе цемента – это системы Sika® MonoTop®. Производить ремонт паронепроницаемыми материалами можно далеко не всегда, нужно тщательно проверить направления давления паров в разные периоды эксплуатации сооружения. Несоблюдение этих условий может вызвать отслоение ремонтного или защитного покрытия при изменении климатических условий.



Для проведения собственно гидроизоляции поверхностей Sika рекомендует добавку для приготовления водонепроницаемого штукатурного раствора Sika®-1 и готовые сухие смеси на ее основе – это Sika®-101, Sika®-101HD Sika®-101 a. Sika®-1 блокирует капилляры и способствует созданию плотной структуры бетона (раствора).

Другая добавка SikaLatex® – водная дисперсия водорастворимого каучукового латекса. Введение латекса в структуру бетона также позволяет получить водонепроницаемую структуру, кроме того, латекс очень сильно

снижает модуль упругости бетона, что значительно снижает хрупкость бетона, бетон становится трещиностойким. Добавка латекса позволяет наносить тонкие растворные стяжки на поверхность старого бетона, возраст которого несколько лет. В качестве грунтовочного слоя используется смесь латекса, цемента, мелкого песка и воды в равных пропорциях. При изготовлении цементно-песчаного раствора на базе латекса, SikaLatex® смешивается с водой в пропорциях от 1 : 1 до 1 : 4, соотношение песок – цемент выбирается исходя из требований к данному раствору.

Гидроизоляция с одновременной защитой бетона от агрессивного воздействия химических веществ

Компанией Sika разработаны материалы на смешанных эпоксидно-цементных вяжущих. Данные материалы при сохранении паропроницаемости обладают хорошей химической стойкостью. Так, например, Sikagard®-720 EpoCem® эксплуатируется в качестве химически стойкого покрытия на очистных сооружениях более 15 лет. Расход его составляет 4 - 6 кг на 1 м² поверхности.



Выбор конкретного материала для восстановления гидроизоляционных свойств сооружения решается в каждом конкретном случае индивидуально. Многое зависит от свойств бетона, его реальной прочности, степени разрушения бетона и состояния арматуры. В случае необходимости гидроизоляции старой кирпичной кладки скорее всего будет использоваться нанесение штукатурной гидроизоляции и тем самым одновременно будут выровнены стены.

Герметизация швов

Без швов в бетоне не обойтись, это связано как с техническими сложностями бетонирования больших объемов, так и необходимостью компенсировать различные деформации конструкции.

В качестве средств по герметизации швов компания Sika предлагает:

при новом строительстве:

- гидрошпонки, замоноличиваемые в железобетонные плиты **SikaWaterbars®**;
- герметики и профили **SikaSwell®**, увеличивающиеся в объеме при контакте с водой (набухание);

при герметизации уже существующих конструкций:

- система **Sikadur® Combiflex®-SG**, состоящая из эластичной высокопрочной ленты и клея;
- системы герметизация различных примыканий и швов **Sika® Dilatec®**.

Гидрошпонки

Гидрошпонки SikaWaterbars® представляют собой профилированную ленту из эластомера ПВХ. Принцип действия гидрошпонок основан на лабиринтном уплотнении. Шпонки, располагаясь в шве между плитами, удлиняют путь воды. Эластичность шпонки обеспечивает компенсацию подвижек плит и увеличение ширины шва из-за усадки бетона.



БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

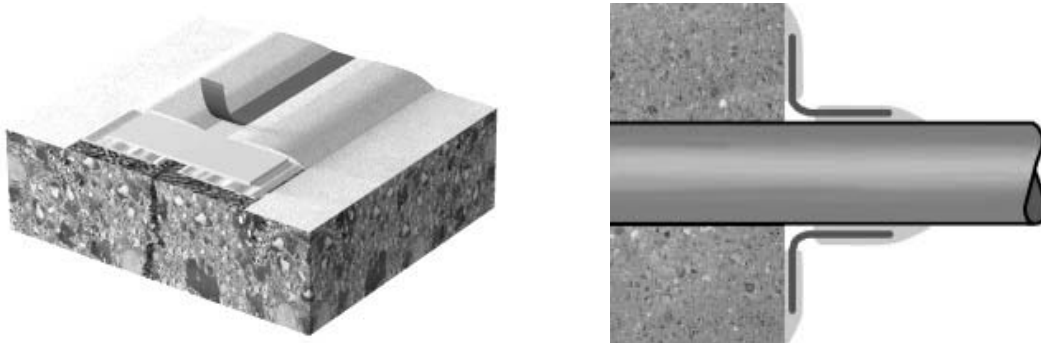
Применение ПВХ позволяет упростить процесс соединения шпонок, в отличие от резиновых шпонок, – их можно сваривать между собой прямо на строительной площадке. Сложные соединительные узлы: крестообразные, угловые и Т-образные элементы предлагаются готовыми. Шпонки выпускаются различных типоразмеров в зависимости от типа шва - деформационный или холодный, и величины давления воды.

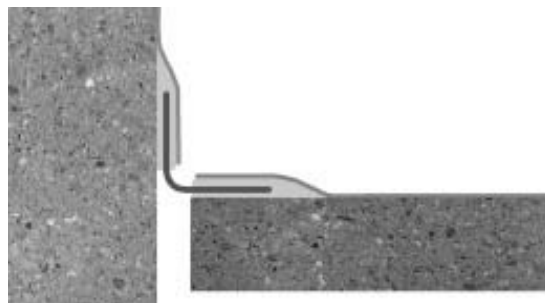
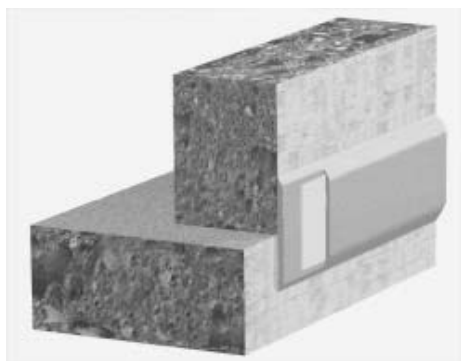
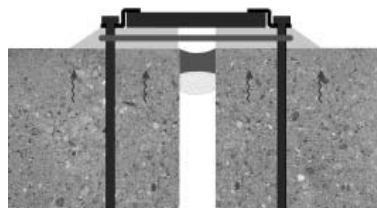
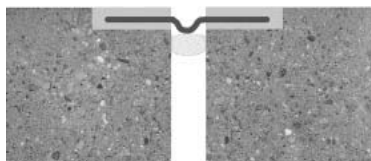
Шпонки для деформационных швов имеют центральный элемент, компенсирующий подвижки бетонных плит без нарушения герметичности. По месторасположению шпонки делятся на наружные (односторонние) и центральные. Центральные шпонки защищены слоем бетона от внешних воздействий и могут выдерживать давление воды с любой стороны, односторонние же должны прижиматься давлением воды к бетону, но их гораздо легче монтировать. Односторонние шпонки можно прихватить к опалубке, тогда как для правильного размещения и выставки центральных шпонок могут потребоваться разрезная опалубка и повышенный контроль за производством работ. Максимальное давление воды, выдерживаемое шпонками, составляет 25м водяного столба. Максимальное расширение шва – до 40 мм, максимальный сдвиг до 30 мм.

Система Sikadur® Combiflex®-SG

Для гидроизоляции различных швов и трещин используется ТПО лента Sikadur® Combiflex®-SG, которая приклеивается на уже затвердевший бетон, выбор клея зависит от бетонного основания и требований к эластичности шва. Лента может клеиться как на сухой, так и на влажный бетон. Максимальная подвижка шва может составлять до 25% от свободной от клея поверхности ленты (при толщине ленты 2 мм). Лента выпускается толщиной 1 и 2 мм, и шириной от 10 до 30 см, по специальному заказу может быть поставлена шириной до 200 см. Соединение лент между собой можно производить свариванием. Лента Combiflex® является термопластичной при нагревании горячим воздухом ее можно растягивать и формировать нужный профиль. В случае очень больших предполагаемых подвижек шва на ленте можно сделать петлю (запас ленты) внутрь шва. При больших давлениях воды, во избежание отрыва ленты от поверхности бетона (свыше 6 м водяного столба), необходимо организовать силовую поддержку ленты. Данный материал может использоваться в системах питьевого водоснабжения и канализации.

Варианты использования ленты Sikadur® Combiflex® SG

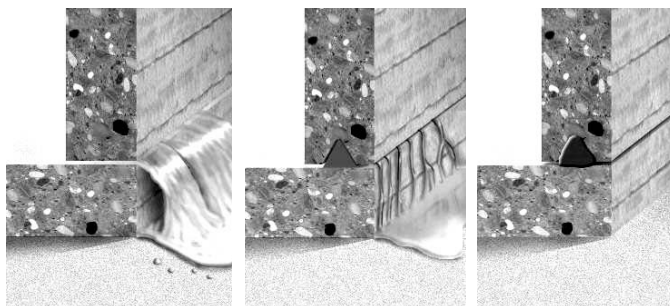




Материалы, увеличивающиеся в объёме

Материалы, увеличивающиеся в объёме, например, бентонитовые глины, широко применяются для гидроизоляции сооружений, но у них есть ограничения – они не годятся для подвижных швов. Бентонитовые глины имеют еще одно ограничение – они набухают только один раз и при переменном высыхании – намокании шов очень быстро начинает протекать.

Набухающие герметики SikaSwell® представляют собой комбинацию водорастворимого и нерастворимого полимеров. При контакте с водой происходит увеличение объема материала и герметизация шва. Герметики SikaSwell® в отличие от бентонитовых глин могут многократно высыхать и намокать без изменения своих свойств.



Но они могут работать только в неподвижных швах. Материалы SikaSwell® выпускаются в виде герметика, поставляемого в тубах, и в виде готового профиля.

Принцип устройства гидроизоляции одинаков. Герметик SikaSwell®S наносят, выдавливая его из тубы, а профиль приклеивают на первую поверхность герметизируемого шва и после выдержки, заливают бетоном. Профиль SikaSwell® P имеет специальное защитное покрытие, защищающее профиль от преждевременного набухания от влаги на строительной площадке до установки в шов.

В дальнейшем, защитный слой разрушается в щелочной среде бетона.



БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

При монтаже данных герметиков необходимо учитывать тот факт, что герметик может начать увеличиваться в объеме раньше, чем бетон наберет достаточную прочность. Поэтому минимальное расстояние до края плиты в неармированных конструкциях должно быть 15 см, а в армированных – 10 см.

Для ответственных сооружений выпускаются специальные профили Sika Injectoflex®, эти профили также устанавливаются в швы на этапе заливки. Если по каким-то причинам шов потечет, то в полость этого профиля закачиваются инъекционные составы для остановки протечки.

Герметизация примыканий с Sika® Dilatec® Systems

Sika® Dilatec® Tapes представляют из себя готовые к применению ленты из ПВХ устойчивого к битумным материалам и УФ-излучению, отличающиеся шириной и конфигурацией края из нетканого текстиля.



Ленты позволяют надежно и профессионально выполнить переходы:

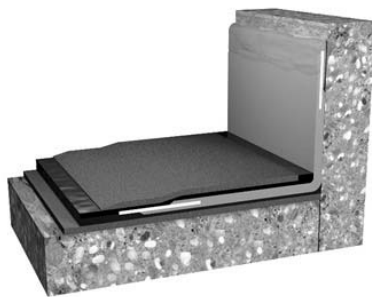
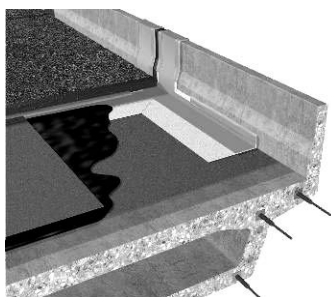
- от бетона к ПВХ-мембране или к битумной мембране,
- от ПВХ-мембраны к жидкой полиуретановой мембране или к битумной мембране,
- а также выполнить надежную герметизацию швов между бетонными элементами и швов в гидроизоляционных покрытиях из битумных мембран.

Прочно интегрированный в структуру ленты текстильный край позволяет достичь безупречного примыкания ленты к основанию

Система Включает в себя:

- ленты Sika Dilatec Tapes, Sika Dilatec Welding Strip;
- клея Sikadur-Combiflex Cleber или Sikadur-31 CF;
- горячую битумную мастику;

Надежная изоляция деформационных швов и примыканий гидроизоляционного ковра к парапетам:





Новый безопасный конфайнмент, ЧАЭС



ЖК «Crystal Park», г. Киев



Стадион «Арена Львов», г. Львов



НСК «Олимпийский», г. Киев



Стадион им. Лобановского, г. Запорожье

УДК 69.05

**СУЧАСНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ SIKA ДЛЯ ВИКОНАННЯ
ПІДЗЕМНОЇ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ РІЗНИХ СПОРУД**

/ Синякін А.Г., Панченко А.В. /

У роботі розглянуті питання виготовлення та ремонту підземної гідроізоляції різних споруд і об'єктів за допомогою сучасних матеріалів і технологій, які представляє концерн Sika на ринку України.

Ключові слова: бетон, водонепроникність, гідроізоляція, конструкція, матеріал, основа, полімер, система, шов.

UDC 69.05

**MODERN SYSTEMS AND TECHNOLOGIES SIKA FOR PERFORMANCE
OF UNDERGROUND WATERPROOFING OF VARIOUS BUILDINGS**

/ Sinyakin A.G., Panchenko A.V. /

The paper deals with the manufacture and repair of underground waterproofing of various buildings and objects using modern materials and technology that Sika is the concern in the market of Ukraine.

Keywords: concrete, water resistance, waterproofing, construction, material base polymer system, joint.

УДК 69.05

Собко Ю.М., Спец С.В., руководитель направления Roofing, Repair&Refurbishment Представитель отдела Строительство в южном регионе, ООО «Сика Украина» 03680 г. Киев, ул. Смольная, 9Б, тел.: +38(044) 492 94 19, моб. тел. +38 (050) 334 70 34

БАЛЛАСТНЫЕ СИСТЕМЫ SIKА ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ КРОВЕЛЬ

Защита и надежность – ключевая идея кровельных систем Sika. Вместе с материалами семейства Sikaplan/SikaSarnafil/Sikalastic мы предлагаем передовые кровельные системы самого высокого качества. Учитывая более чем 50-ти летний опыт производства полимерных гидроизоляционных мембран, а также значительный опыт в развитии кровельных систем, мировое глобальное присутствие (представительство более чем в 70-ти странах мира) Sika является лидером в области гидроизоляции в мире.

***Ключевые слова:** балластная система, водонепроницаемость, гидроизоляция, долговечность, кровельная система, мембрана, поливинилхлорид.*

Кровельные ПВХ-мембраны (**Sikaplan/Sika Sarnafil**) используются для гидроизоляции кровель уже более пятидесяти лет. Сначала о них знали отдельные некоторые хорошо информированные люди и это было их своего рода секретной информацией; теперь мы имеем совершенно противоположную ситуацию - каждый год миллионы квадратных метров мембран производятся и устанавливаются на многих объектах по всему миру. ПВХ было открыто случайно. В 1835 году французский химик Анри Виктор Регно (Henri Victor Regnault) исследовал, что после длительного взаимодействия винил хлорида с солнечными лучами он превращается в белый порошок - поливинилхлорид. Прошло почти сто лет до того времени, когда в 1912 году немецкий химик Фриц Клатте (Fritz Klätte) в своих научных исследованиях синтезировал винил хлорид из ацетилена и хлористого водорода. Это событие стало основой для будущего промышленного производства ПВХ. Сегодня ПВХ-мембраны является главной составляющей технологии гидроизоляции. Выдающиеся физические характеристики, а также хорошее соотношение цена / качество сделало ПВХ основным выбором для различных сфер применения. Легкость в монтаже, пригодность для всех климатических зон, устойчивость к огненным нагрузкам, паропроницаемость - это лишь некоторые свойства, которые выводят ПВХ на лидирующие позиции, как незаменимый материал для различных задач гидроизоляции.

ТПО - это наиболее современный материал, который начиная с восьмидесятых годов прошлого века дал толчок к развитию нового типа полимерных мембран. Полиолефины это полукристаллические термопластики, которые обладают высокой химической стабильностью. ТПО (FPO) получают путем внедрения в полимер вторичных блоков (комномеров), которые функционируют в качестве заполнителей между молекулярными цепочками. Это явление известно как внутренняя пластификация. Вторичные блоки прочно связаны с молекулярными цепочками и, таким образом, образуют гибкие и эластичные материалы. ТПО (FPO) -гидроизоляционные мембраны (SikaSarnafil) имеют чрезвычайно высокие экологические

показатели, устойчивость к УФ-излучению и озону, а также они совместимы с маслами, полистиролом и битумом, что делает их незаменимой альтернативой при ремонтах старых крыш с битумными покрытиями. Следует отметить также высокую долговечность и высокое сопротивление к искусственному старению этих материалов.

Жидкие ПУ-мембраны (Sikalastic) – современная передовая технология в гидроизоляции кровель, имеющая ряд отличительных преимуществ:

- отличная адгезия к битуму
- монтаж без применения дорогостоящего оборудования;
- легкость в исполнении примыканий сложной формы
- уникальная технология МТС, позволяющая покрытию стать устойчивым к воде и влаге всего через 10 мин после нанесения на поверхность

- отличный внешний вид кровли (полное прилегание к основанию) ;
- пониженная шумность при производстве ремонтных работ;
- однокомпонентный состав;
- высокая химическая стойкость;
- пониженная группа горючести;
- высокая паропроницаемость;
- бесшовная технология нанесения ;
- обладает уникальной тиксотропностью;
- используется при ремонте любых поверхностей;
- не требует специальных навыков для нанесения;
- длительный срок службы;
- светлый цвет кровельного покрытия;
- толщина УФ- стойкого слоя на порядок выше;
- армирование стекловолокном со случайным переплетением нитей.

Кровельные «ковры» состоят из отдельных слоев, каждый из которых имеет свою определенную функцию. Для правильного и надежного функционирования кровельной системы, конструктивные слои должны быть скоординированы друг с другом, а также с несущим основанием покрытия с целью, чтобы вся система работала совместно как одно целое.

В данной статье хотели бы остановиться более подробно на конструкциях балластных кровель.

В наши дни к кровлям предъявляются дополнительные требования, такие как повышение экономичности, снижение вредного воздействия на экологию, улучшение эстетики.

Одним из разновидностей современной кровли, удовлетворяющей не только перечисленным выше свойствам, но и несущей дополнительные функции, является балластная кровля. Данные конструкции кровли обеспечивают экономичность эксплуатации здания не только за счет снижения теплопотерь, но и за счет увеличения долговечности покрытия, а так же получения дополнительного эксплуатируемого пространства, такого как: места отдыха, зоны озеленения, спортивные площадки, паркинги и т.д.

Основные преимущества балластных кровель:

- снижают энергопотребление здания;
- улучшают звукоизоляцию здания;
- защищают кровлю от влияния УФ-излучения и снижают вероятность ее

механического повреждения;

- увеличивают пожарную безопасность здания;
- снижение «парникового эффекта»
- повышают качество воздуха;
- создают естественную среду обитания для птиц и насекомых, тем самым

восстанавливают биоразнообразие в городах;

- снижают объем и загрязненность ливневых вод;
- улучшают внешний вид здания; улучшают его статус;
- возобновляют контакт жителей больших городов с природой;
- улучшают внешний климат сельбищных, коммерческих и общественных зданий.

Различают балластные системы по следующим видам: неэксплуатируемые (гравийное покрытие), эксплуатируемые (поверхность из бетонных плит или керамической плитки), зеленые кровли.

Неэксплуатируемые кровли **Sika** с гравийной засыпкой (**Рис.1**).

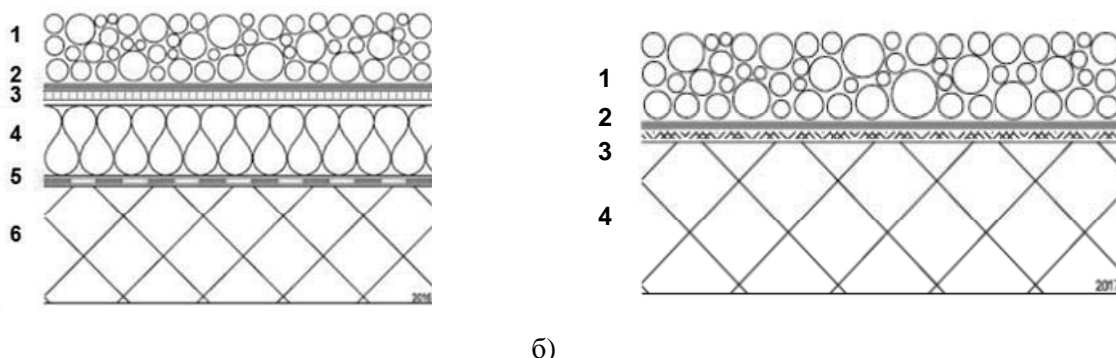


Рисунок 1. Конструкция неэксплуатируемых кровель Sika с гравийной засыпкой:

а) с утеплением, б) без утепления: 1- min. 50 мм и 80 кг/м² гравия;

2 - мембрана Sikaplan/SikaSarnafil; 3 - разделительный слой (если необходимо);

4 - утеплитель; 5 - паробарьер; 6 - основание

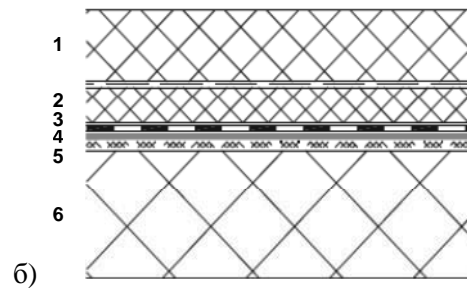
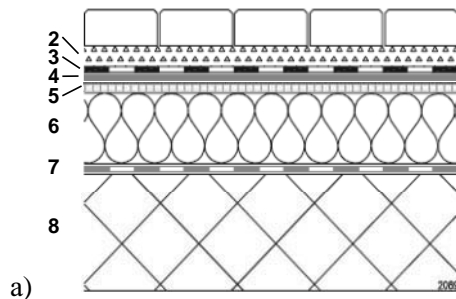
Балластные кровли с гравийной засыпкой стали активно применяться еще в конце 1960-х гг. после серии серьезных пожаров на предприятиях, битумная кровля которых, была ничем не защищена. В результате испытаний в действующий в то время СНиП II-26-76 «Кровли» были включены требования к устройству защитного слоя гравия толщиной 10–20 мм на кровлях с уклоном менее 10 %, выполненных из рулонных и мастичных материалов. Слой гравия толщиной 10–20 мм способен полностью предотвратить распространение пламени по поверхности крыши.

В настоящее время балластная система переживает «второе рождение» на кровлях с более долговечными полимерными мембранами.

Основные технические преимущества:

- легкая, невысокая конструкция пирога,
- простота эксплуатации,
- пожарная безопасность,
- защита от механических повреждений
- небольшое количество крепежных элементов
- легко перепрофилируется под эксплуатируемую кровлю.

Эксплуатируемые кровли Sika (Рис.2.).



1 - брусчатка (500x500x50 мм); 2 - подушка (40 мм гравия); 3 - защитный слой; 4 - мембрана Sikaplan/SikaSarnafil;
5 - разделительный слой (по требованию); 6 - утеплитель; 7 - паробарьер; 8 - основание

1 - проезжая часть (напр. бетон); 2 - защитная стяжка; 3 - слой скольжения / защитный слой (S-Felt GK 400); 4 - мембрана Sikaplan/SikaSarnafil; 5 - выравнивающий слой Sika S-Felt A 500; 6 - основание

Рисунок 2. Конструкция эксплуатируемые кровли Sika:

а) с утеплением, б) без утепления.

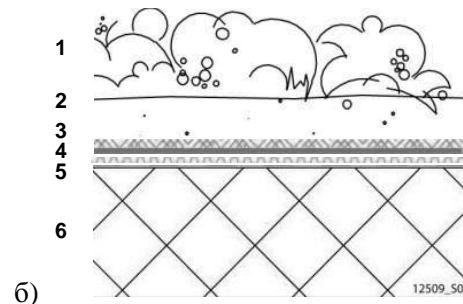
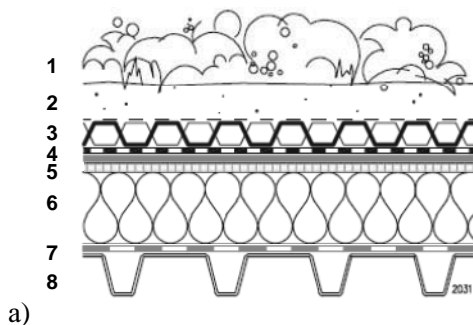
С целью увеличения полезного пространства были разработаны кровли с верхним покрытием из бетонных плит

или керамической плитки. Данные конструкции рассчитываются как на пешеходную, так и на автомобильную нагрузку, хорошо сочетаются с системами «зеленых кровель».

Основные технические преимущества:

- увеличение полезной площади;
- пожарная безопасность,
- защита от механических повреждений
- не большое количество крепежных элементов

Зеленые крыши Sika (Рис.3., Рис.4).

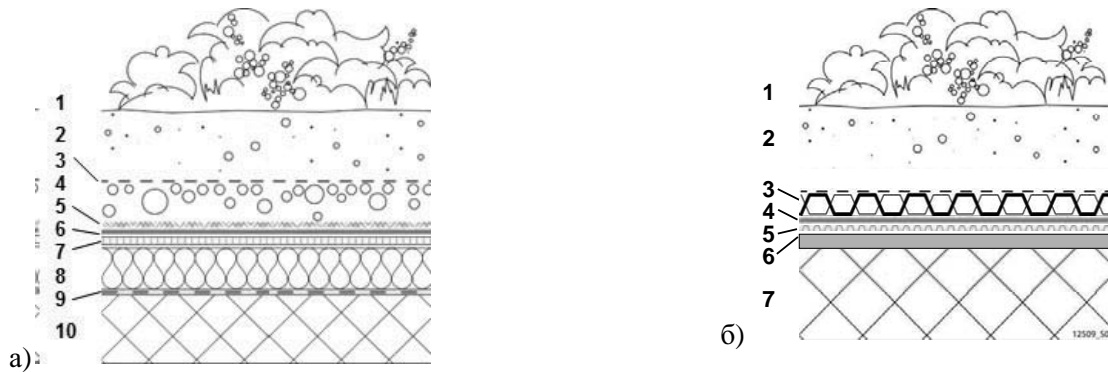


1- растительный слой; 2 - min. 80 мм и 80 кг/м² живительной среды; 3 - защитный/дренажный слой; 4 - мембрана Sikaplan/SikaSarnafil/Sikalastic; 5 - разделительный слой (по требованию); 6- утеплитель; 7 - паробарьер; 8 - основание

1 - растительный слой; 2 - min. 80 мм и 80 кг/м² живительной среды; 3 - защитный/дренажный слой; 4 - мембрана Sikaplan/SikaSarnafil/Sikalastic; 5 - выравнивающий слой; 6 - основание

Рисунок 3. Конструкция экстенсивных зеленых крыш Sika:

а) с утеплением, б) без утепления



а)
 1 - растения; 2 - min. 150 мм грунт / живительная среда; 3 - фильтрующий слой; 4 - дренажный слой / гравий; 5 - защитный слой; 6 - мембрана Sikaplan/SikaSarnafil/Sikalastic; 7 - разделяющий слой по требованию; 8 - утеплитель; 9 - паробарьер; 10 - основание

б)
 1 - растения; 2 - min. 150 мм грунт / живительная среда; 3-фильтрующий/ дренажный слой (drainage layer 30); 4 - мембрана Sikaplan/SikaSarnafil/Sikalastic; 5 - выравнивающий слой; 6 - разуклонка (по требованию); 7 - основание

Рисунок 4. Конструкция интенсивных зеленых крыш Sika:
 а) с утеплением, б) без утепления

Зеленые крыши должны обеспечить повышение уровня жизни и улучшить здоровье человека, сделать окружающую его среду комфортной и приближенной к природным условиям. Зеленые насаждения выполняют не только эстетические функции, но и играют важную роль в создании микроклимата помещений и улучшении климатических условий местности. Озеленение выполняет в летнее время солнцезащитные функции, а в зимнее время повышают теплозащитные свойства покрытия.

При сильном ливне возникает опасность перегрузки ливневой канализации, что в свою очередь может привести к затоплению улиц города и сбросу необработанных сточных вод в местные водоемы. Экспериментальным путем выяснено, что зеленые крыши снижают общий объем сточных вод и замедляют темпы поступления воды с крыши в ливневую канализацию. Было обнаружено, что озелененные кровли могут сохранить до 75 % дождевой воды, постепенно возвращая ее обратно в атмосферу благодаря процессу испарения с почвы и листьев растений.

С увеличением числа транспортных средств увеличивается и содержание в городском воздухе оксида углерода (CO₂) и твердых частиц. Растительность на городских крышах оказывает положительное воздействие и на качество окружающего воздуха, поскольку листья способны захватывать твердые частицы, а также связывать углекислый газ.

Для получения надежной конструкции «кровельного пирога» балластной системы покрытия необходимо, чтобы гидроизоляционный слой удовлетворял следующим требованиям: абсолютная водонепроницаемость, высокая эластичность, высокая прочность на разрыв, надежная герметизация швов. Данным требованиям удовлетворяют современные полимерные мембраны на основе ПВХ-, ТПО-, ПУ- материалов Sikaplan, SikaSarnafil и Sikalastic, а также вспомогательных материалов – паробарьеров SikaSarnavar, разделительных и фильтрующих слоев и всех необходимых аксессуаров, необходимых для выполнения гидроизоляции кровли и сооружения всего комплекса кровельного «ковра» как единой, долговечной и надежной системы.

УДК 69.05

БАЛАСТНІ СИСТЕМИ SIKA ДЛЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ПОКРІВЕЛЬ

/ Собко Ю.М., Спец С.В./

Захист і надійність - ключова ідея покрівельних систем Sika. Разом з матеріалами сімейства Sikaplan / SikaSarnafil / Sikalastic ми пропонуємо передові покрівельні системи найвищої якості. Враховуючи більш ніж 50-ти річний досвід виробництва полімерних гідроізоляційних мембран, а також значний досвід у розвитку покрівельних систем, світове глобальну присутність (представництво більш ніж 70-ти країнах світу) Sika є лідером в області гідроізоляції в світі.

Ключові слова: баластна система, водонепроникність, гідроізоляція, довговічність, покрівельна система, мембрана, полівінілхлорид.

UDC 69.05

BALLAST SYSTEM SIKA FOR WATERPROOFING OF ROOFS

/ Sobko Y.M., Spec S.V. /

Security and reliability - key idea roofing systems Sika. However, materials of the family Sikaplan / SikaSarnafil / Sikalastic we offer the advanced roofing system of the highest quality. Given the more than 50 years of experience in the production of polymer membranes gidroizolyatsionnyh, as well as significant experience in the development of roofing systems, the world's global presence (representation in more than 70 countries around the world) Sika is a leader in the field of waterproofing in the world.

Keywords: ballast system, water resistance, waterproofing, durability, roofing system, a membrane, polyvinyl chloride.

УДК 691.3

Троян В.В., к.т.н., доц.,

КНУСА Воздухофлотский пр. 31, 03680, г. Киев, тел. 067-8822861, e-mail: s_troy@ukr.net

Шейнич Л.А., д.т.н., проф.,

ГП НИИСК Преображенская, 5/2, 03037, Киев.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ БЕТОНА К ВОЗДЕЙСТВИЮ СУЛЬФАТНЫХ ВОД

Рассмотрена эффективность повышения сульфатостойкости цементных бетонов при введении пуццолановых добавок различных типов.

Ключевые слова: бетон, цемент, сульфатостойкость, пуццолановые добавки

Вступление

Отрицательное действие сульфатов на бетон известно с 1877 года. Первые систематические исследования разрушения цементного камня вследствие реакций протекающих при воздействии сульфатов провели Candlot и Michaelis в 1890 году [1]. Эти исследования показали, что повреждения структуры цементного камня связаны с образованием комплексных соединений с большим содержанием кристаллизационной воды таких как этtringит.

В Германии первое крупное разрушение, обусловленное воздействием сульфатов, было отмечено в 1890 году в Магдебурге. Новый мост через Эльбу начал разрушаться через несколько лет после завершения строительства. Причина заключалась в воздействии на бетон воды с высоким содержанием сульфатов [1]. Этот случай разрушения заставил ведущих ученых того времени усиленно искать возможности повышения устойчивости бетона к воздействию сульфатов. Вскоре были предложены соответствующие технологические меры, которые отчасти применяются и сейчас.

Определяющее влияние на стойкость бетона оказывает сульфатостойкость входящего в его состав цемента. Сульфатостойкость цемента, в свою очередь зависит от количественного соотношения минералов клинкера C_3S , C_2S , C_3A и $C_2(A,F)$ и продуктов их гидратации, включая $Ca(OH)_2$, при этом решающее влияние на снижение сульфатостойкости цемента оказывает повышение содержания C_3A принимающего непосредственное участие в образовании этtringита. Сульфатостойкость портландцемента со средним и высоким содержанием C_3A может быть повышена путем введения различных пуццолановых добавок, исследование эффективности которых является целью данной работы.

Ускоренная оценка сульфатостойкости

В Европе методы ускоренной оценки сульфатостойкости цементов не стандартизированы. Сульфатостойкость цементного камня определяется на цементно-песчаных образцах, которые на протяжении определенного периода хранятся в сульфатных растворах, при этом фиксируется относительное изменение их длины. Если изменение длины

в конце испытательного периода превышает определенный предел, то цемент или вяжущая композиция считаются не сульфатостойкими.

Научно-исследовательский институт цементной промышленности Германии предлагает использование трех методов оценки сульфатостойкости цементов:

Wittekindt метод - классический тест по W. Wittekindt [2];

Метод SVA - предлагаемый экспертным комитетом по «технологии бетона» Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) [3];

Метод CEN - по CEN TC51 / WG12 / TG1 [4];

По методу Wittekindt и SVA используются плоские призматические формы 1x4x16 см. Соотношение вода/цемент по методу Wittekindt составляет 0,60. Контрольный раствор - дистиллированная вода. Концентрация сульфат-ионов в растворе сульфата натрия составляет 29800 мг/л (4,4% раствор Na_2SO_4). Критерий сульфатостойкости по методу Wittekindt - расширение $L < 0,5$ мм/м, после 56 дней хранения в 4,4% растворе Na_2SO_4 .

По методу SVA соотношение вода/цемент составляет 0,50. Контрольный раствор насыщают гидроксидом кальция. Концентрация сульфат-ионов в растворе сульфата натрия составляет 29800 мг/л (4,4% раствор Na_2SO_4). Критерий сульфатостойкости по методу SVA - расширение $L < 0,5$ мм/м, после 91 дней (180 по рекомендации DIBt) хранения в сульфатном растворе. Удлинение плоских призм на основе цементов разных типов при их испытании по методу SVA в растворе Na_2SO_4 приведено на рис.1.

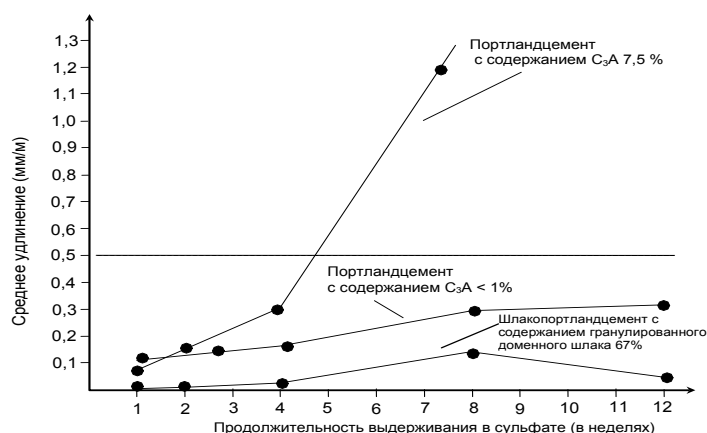


Рисунок 1. Удлинение плоских призм при выдерживании в растворе Na_2SO_4 [1]

По методу CEN используются призматические формы 2x2x16 см, соотношение вода/цемент составляет 0,50. Контрольный раствор - дистиллированная вода. Концентрация сульфат-ионов в растворе сульфата натрия составляет 16000 мг/л (2,4% раствор сульфата натрия). Для метода CEN в настоящее время нет обязательного критерия.

Возможен способ оценки сульфатостойкости цемента путем сравнения его относительной прочности при выдерживании в сульфатном растворе с прочностью сульфатостойких цементов или других вяжущих. Так, относительная прочность при выдерживании в сульфатном растворе образцов на разных типах цементов приведена на рис. 2.

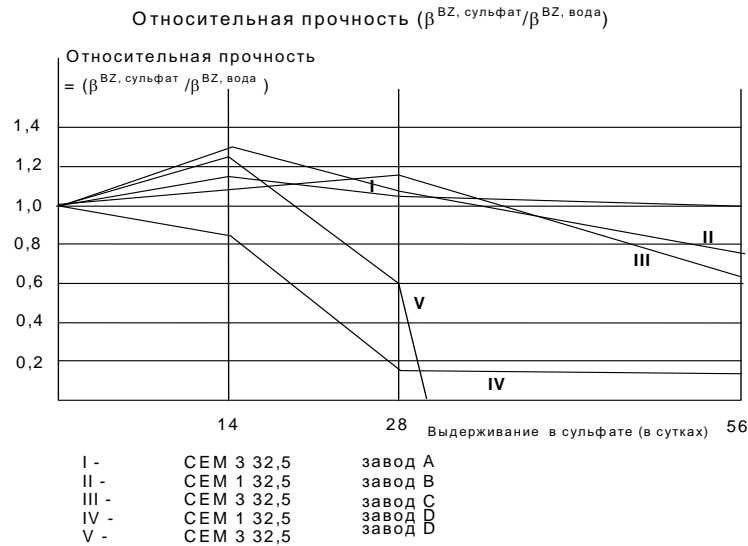


Рисунок 2. Относительная прочность при изгибе образцов из разных типов цементов при выдерживании в сульфатном растворе [1]

Сульфатостойкость цемента ПЦ-500 с пуццолановыми добавками: золой уноса (Ладыженская ТЭС), Centrilit NC (MC-Bauchemie) и микрокремнеземом исследовали путем сравнения относительной прочности на изгиб образцов 1x1x6см которые 360 дней выдерживали в 5% растворе Na_2SO_4 .

Как видно из рис. 3, у всех образцов до 90 суток в 5% растворе Na_2SO_4 , наблюдается прирост относительной прочности на изгиб, а затем начинается постепенное снижение относительной прочности. Если принимать в качестве критерия сульфатостойкости снижение относительной прочности ниже 0,8 - добавка Centrilit NC увеличивает сульфатостойкость (время стойкости в 5% растворе Na_2SO_4) ПЦ-500 до 1,6 раза, при введении 10% микрокремнезема сульфатостойкость ПЦ-500 повышается в 1,7 раза. Относительная прочность в 5% растворе Na_2SO_4 образцов с 10% золы-уноса снижается до критического уровня на 180 сутки как и образцов на основе ПЦ-500 без добавок, однако, в отличии от контрольного состава, прочность образцов с золой-уноса сохраняется на уровне 0,8 до 270 суток после чего также начинает снижаться.

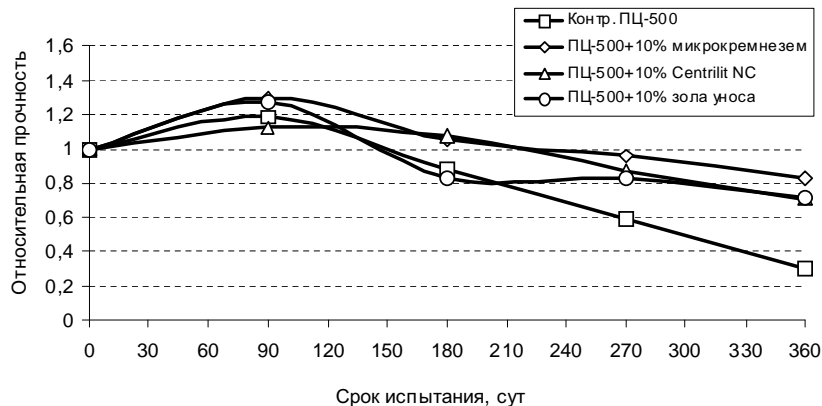


Рисунок 3. Относительная прочность при изгибе цементов с 10% пуццолановых добавок при выдерживании в 5% растворе Na_2SO_4

Выводы

Все составы содержащие пуццолановые добавки оказались более устойчивыми к действию сульфатных растворов чем портландцемент без добавок, однако их влияние на сульфатостойкость ПЦ-500 неодинаково. Введение 10% микрокремнезема повышают сульфатостойкость ПЦ-500 в 1,7 раза, содержание 10% Centrilit NC увеличивает сульфатостойкость ПЦ-500 до 1,6 раза, а введение 10% золы-выноса - до 1,3 раза. Таким образом, содержание пуццолановых добавок, которые активно взаимодействуют с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, приводит к уменьшению концентрации извести в продуктах твердения, что делает бетон менее чувствительным к воздействию сульфатных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Й. Штарк, Б.Вихт. Долговечность бетона. / Штарк Й., Вихт Б. Пер. с нем. – А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко // - Киев.: «Оранта», 2004. - 293 с
2. Wittekindt, W.: Sulfatbestandige Zemente und ihre Prufung; Zement-Kalk-Gips 13 (1960) H. 2, S. 565–572.3
3. Stark, J., Wicht B.: Dauerhaftigkeit von Beton – Der Baustoff als Werkstoff. Baupraxis Birkhauser, Berlin 2001
4. CEN/TC 51/WG12/TG1. Sulphate Resistance Testing- State of the Art, 2006

UDC 691.3

INCREASING OF RESISTANCE OF CONCRETE TO INFLUENCE OF SULFATE WATERS

/Trojan V.V., Sheinich L.A./

It was considered efficiency of increasing of sulphate-resistance of cement of concrete with the addition of different types pozzolanic additives.

Keywords: concrete, cement, sulphate-resistance, pozzolanic additives.

УДК 691.3

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ БЕТОНУ ДО ВПЛИВУ СУЛЬФАТНИХ ВОД

/Троян В.В., Шейніч Л.О. /

Розглянуто ефективність підвищення сульфатостійкості цементних бетонів при введенні пуццоланових добавок різних типів.

Ключові слова: бетон, цемент, сульфатостійкість, пуццоланові добавки.

УДК 666.97.03:620.3

*Суханевич М.В., к.т.н., доцент,
Устименко М.Є. аспірант,
Київський національний університет
будівництва і архітектури,
Повітрофлотський пр., 31, 03037, м. Київ,
+38 (044) 245-48-31, e-mail: m.suhanevich@ukr.net*

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ПОЛІУРЕТАНОВИХ ДИСПЕРІЙ ЯК СКЛАДОВИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ СУМІШЕЙ НА ЦЕМЕНТНІЙ ОСНОВІ

У статті досліджено особливості технології введення водних поліуретанових дисперсій в цементну композицію та вплив технологічних процесів на фізико-механічні властивості одержаних на їх основі гідроізоляційних сумішей.

***Ключові слова:** цементна композиція, водна поліуретанова дисперсія, наномасштабний рівень, гідроізоляційні суміші, міцнісні властивості, пластична міцність.*

ВСТУП

Бетонні конструкції потребують захисту від впливу води, і це стосується як заново побудованих, так і давно існуючих споруд. Останні вимагають ретельного догляду за поверхнею, оскільки порушення цілісності елементів призводить до корозії бетону, втрати несучої здатності та поступового руйнування. Корозійні процеси від дії води підсилюються динамічними навантаженнями, адже бетонний камінь є жорстким матеріалом і здатний до утворення тріщин, що прискорює корозійний вплив. Найчастіше для захисту та гідроізоляції бетону використовують цементні або цементно-полімерні розчини, проте такі покриття також є жорсткими і руйнуються разом із основою при динамічних впливах [1].

В будівництві протягом ХХ сторіччя застосовували поліуретанові та епоксидні матеріали для захисту бетону від корозійного впливу агресивних речовин як у вигляді покриттів, так і ін'єкційних розчинів [2]. Наукові досягнення вчених Інституту Хімії Високомолекулярних Сполук НАН України (ІХВМС) в напрямку розробки поліуретанових композитів знайшли використання в різних галузях господарства, в тому числі будівництві [3]. Проте розробки стосувалися двокомпонентних поліуретанів, основним недоліком яких є висока вартість, токсичність та низька екологічність [4].

Прийняття жорстких норм екологічного законодавства стосовно емісії летких органічних сполук стало однією з основних причин винайдення технології, альтернативної виробництву традиційних органорозчинних поліуретанів [5]. Розроблені водні поліуретанові дисперсії є економічними (низька вартість, однокомпонентність), екологічно чистими та безпечними у застосуванні, утворюють плівки при кімнатній температурі. Отримані колоїдні розчини мають розмір частинок до 86 нм, характеризуються високою молекулярною масою при низькій в'язкості. Висока твердість, широкі межі еластичності, низька термопластичність, стійкість до злипання, висока атмосферо- та зносостійкість, водостійкість, хімічна стійкість, довготривала

пружність – якості, завдяки яким уретанові полімери широко застосовують для одержання високоякісних захисних покриттів [6].

До прогресивних технологій XXI століття відносять нанотехнології, що вже знаходять застосування у виробництві будівельних матеріалів, зокрема у модифікації цементів [7]. Синтез та конструювання матеріалів на наномасштабному рівні забезпечується також розробкою нових добавок, таких як суперпластифікатори, наночастинки, наноарматура або комплексних органо-мінеральних нанодобавок. В цьому напрямку використання нанорозмірних водних поліуретанових дисперсій у якості компонентів цементних композицій є ще одним напрямком розвитку нанотехнологій з метою одержання сучасних, ефективних захисних матеріалів.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є дослідження особливостей технології введення водних поліуретанових дисперсій в цементну композицію для одержання ефективних гідроізоляційних сумішей з високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями.

СИРОВИННІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сировинними матеріалами в дослідженнях були обрані портландцемент марки ПЦ-I 500, портландцемент з добавкою доменного шлаку (до 20%) ПЦ-II АШ 400 (виробництва Евроцемент), водна поліуретанова дисперсія концентрацією 25% (виробництва ІХВМС НАН України), річковий кварцовий пісок фракції до 0,63 мм.

Концентровану дисперсію розводили дистильованою водою до концентрації розчину 1,3,5,7 мас.% та витримували 2 години перед застосуванням. За першим способом додавання водної поліуретанової дисперсії (ВПУД) її вводили в цементну композицію як воду замішування. Тісто нормальної густоти мало водопотребу 25%. За другим способом водну поліуретанову дисперсію добавляли до цементу у вигляді концентрованого розчину (25%) разом з водою замішування в такій кількості, щоб вміст твердої речовини становив 1 %.

Дослідження міцності цементних композицій проводили на зразках-кубах 20x20x20 мм та зразках-балочках 10x10x60 мм, що випробувались після твердіння в стандартних умовах на гідравлічному пресі та на приладі Міхаеліса відповідно [8]. Динаміку набору пластичної міцності визначали з використанням конічного пластометра Рібіндера [8].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Попередніми дослідженнями було показано, що більш ефективними при модифікації штучного каменя нанорозмірними добавками (вуглецевими нанотрубками) характеризуються цементні композиції з природними або техногенними добавками, що сприяють направленому синтезу в складі продуктів гідратації більш низькоосновних гідросилікатів кальцію, ніж у бездобавочного портландцементу [9]. Результати вивчення фізико-механічних характеристик цементного каменя на основі портландцементів ПЦ I-500 та ПЦ II-АШ-400, що змішували з водною поліуретановою дисперсією (ВПУД) різної концентрації (1%, 3%, 5%, 7%) наведено на рисунках 1 та 2 відповідно.

Представлені графічні залежності свідчать про неоднорідний характер набору міцності цементним тістом залежно від концентрації водної поліуретанової дисперсії. Так, для зразків на основі портландцементу ПЦ-I 500 спостерігається підвищення міцності при стиску у ранньому віці для концентрації ВПУД 1% та 3% (на 42...46 %), хоча на 28 добу показник дещо знижується (на 5...10%) та є меншим за контрольний склад (цемент і вода). Показник міцності при згині для зразків з концентрацією 1 та 3% ВПУД в ранньому віці дещо нижчий від контрольного (на 5%), а у проектному віці (28 діб) для ВПУД 3% - дорівнює контрольному.

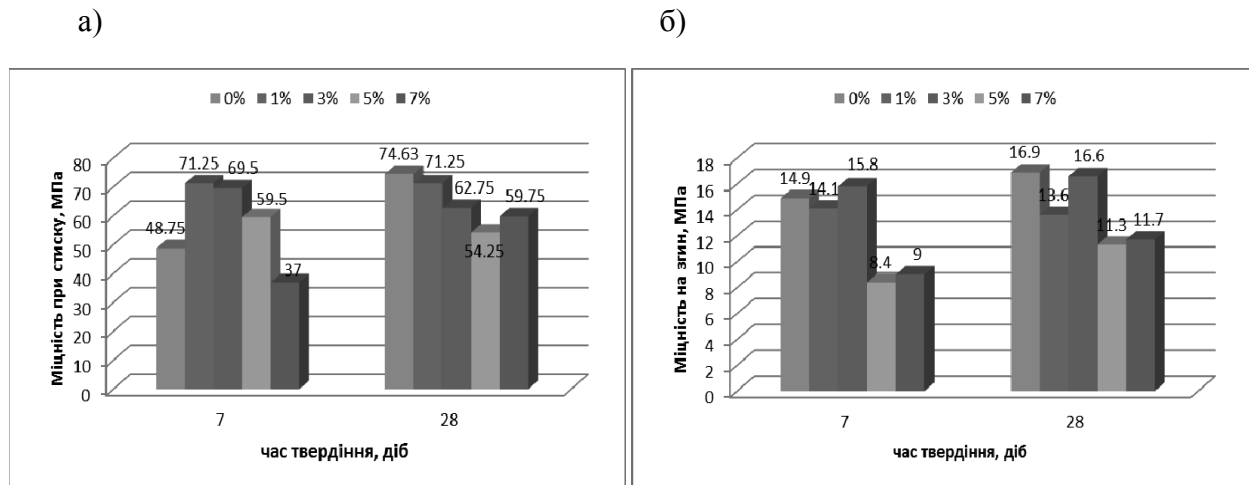


Рисунок 1 - Міцність при стиску (а) та згині (б) зразків цементного каменю на основі портландцементу ПЦ І-500 та ВПУД з різним вмістом сухої речовини та контрольного складу (0% ВПУД)

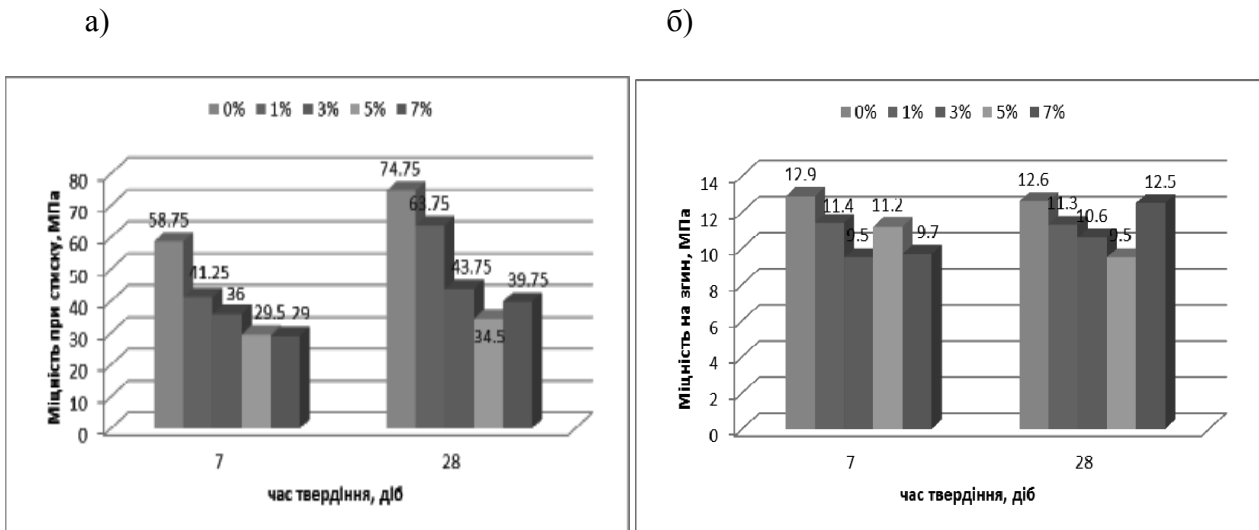


Рисунок 2. Міцність при стиску (а) та згині (б) зразків цементного каменю на основі портландцементу ПЦ ІІ-АШ-400 та ВПУД з різним вмістом сухої речовини та контрольного складу (0% ВПУД)

Інша картина спостерігається при взаємодії цементу з добавкою доменного гранульованого шлаку (ПЦ-ІІ АШ 400) та ВПУД. Міцність при стиску зразків знижується порівняно з контрольним складом пропорційно збільшенню концентрації ВПУД як у ранньому, так і у пізньому віці твердіння. Аналогічно змінюється і міцність при згині, хоча і в меншій мірі. Втім найкращі результати з усіх досліджуваних концентрацій показують зразки з вмістом 1% ВПУД. Також при приготуванні суміші спостерігається ефект зростання в'язкості зі збільшенням концентрації ВПУД, що ускладнює технологію приготування цементно-поліуретанових матеріалів.

Для більш повного уявлення про процеси структуроутворення цементного каменя в присутності ВПУД була досліджена пластична міцність тіста на основі двох типів цементів з

використанням конічного пластометра. Було отримано графічні залежності, наведені на рис.3.

а) б)

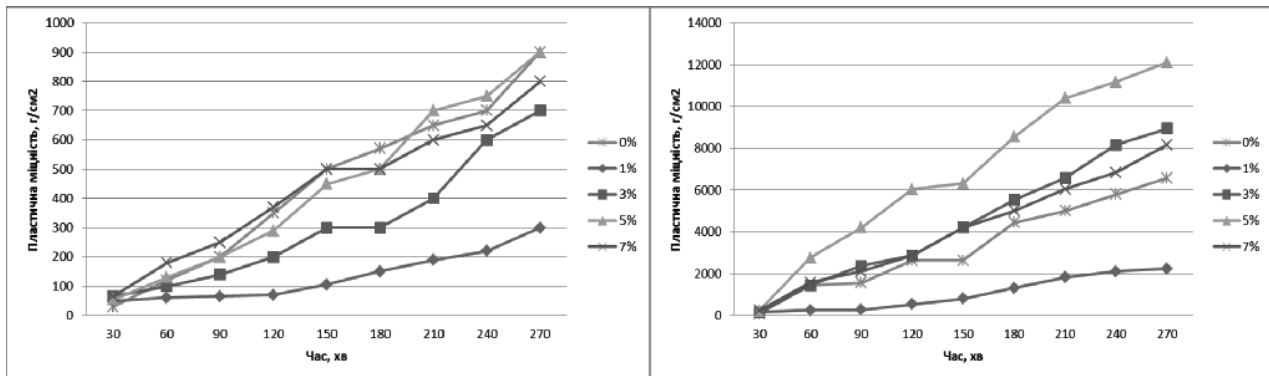


Рисунок 3. Пластична міцність зразків цементного тіста на основі портландцементів ПЦ I-500 (а) та ПЦ II-АШ-400 (б) та ВПУД з різним вмістом сухої речовини та контрольного складу (0% ВПУД)

Аналіз кривих показав, що величина пластичної міцності для зразка на основі бездобавочного цементу ПЦ-I 500 та 1% ВПУД (рис.3,а) є значно меншою при визначеному часі індукційного періоду 4,5 години порівняно з контрольним зразком без ВПУД та зі зразками більшого вмісту сухої речовини (3, 5 та 7%) ВПУД. Подібна картина спостерігається і для тіста на основі цементу з добавкою шлаку ПЦ-II АШ (рис.3,б): найменша величина пластичної міцності характерна для 1% ВПУД, а найвища – для 5% ВПУД, причому контрольний зразок без ВПУД має пластичну міцність меншу, ніж зразок з більшим вмістом ВПУД (величина зростає для концентрації 7, 2, 5%). Можна помітити, що чим повільніше система набирає пластичну міцність, тим краще зростає міцність у часі штучного каменя (рис.1,2 а). Вірогідно, що перехід в'язучої системи у в'язко-пластичний стан створює умови для синтезу більш досконалої структури цементного каменя при незначній концентрації ВПУД з наномасштабним діапазоном частинок, тоді як збільшення їх концентрації прискорює процеси гідратації, відбувається злипання частинок цементу, що перешкоджає в повній мірі протікати процесам формування гідросилікатних новоутворень.

При різкому нарощуванні пластичної міцності спостерігається зниження величини міцнісних характеристик штучного каменя (рис.1,2), причому абсолютна величина пластичної міцності для портландцементу I типу з оптимальним 1% ВПУД майже в 7 разів нижче, ніж для аналогічного складу на основі шлакомісткого портландцементу 300 г/см^2 проти 2000 г/см^2 .

Для дослідження впливу технології введення ВПУД в цементну композицію на зміну механічних властивостей було проведено випробування зразків на основі двох типів цементів та ВПУД оптимальної концентрації 1%, результати випробування яких представлено на рисунках 4 та 5.

Отримані графічні залежності переконливо демонструють значний вплив на механічні властивості цементного каменя технології виготовлення зразків. За першим способом ВПУД була використана у вигляді заздалегідь розведеної дисперсії з визначеним вмістом сухої речовини, а за другим – концентровану 25% ВПУД вводили в цемент разом з водою замішування у такій кількості, щоб забезпечити її концентрацію 1%.

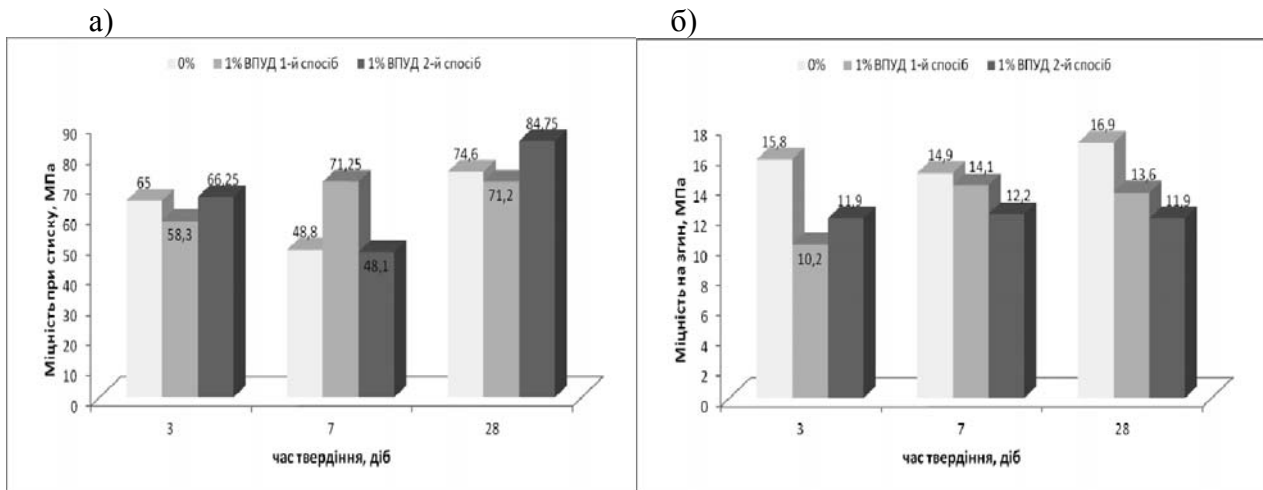


Рисунок 4 - Міцність на стиск (а) та згин (б) зразків цементного каменю на основі портландцементу ПЦ I-500 і 1% ВПУД за різними способами введення та контрольного складу (0% ВПУД)

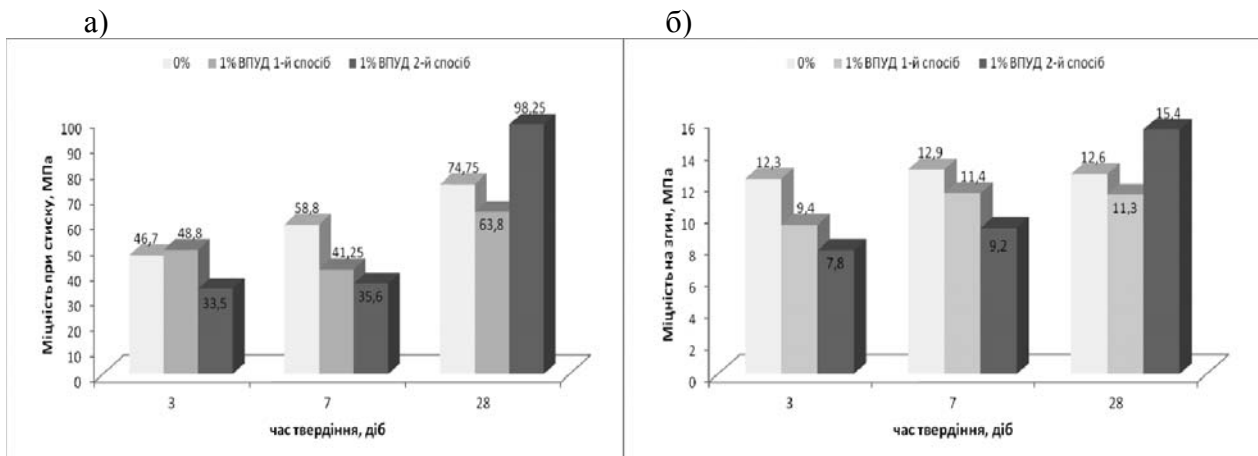


Рисунок 5 - Міцність на стиск (а) та згин (б) зразків цементного каменю на основі портландцементу ПЦ II-АШ-400 і 1% ВПУД за різними способами введення та контрольного складу (0% ВПУД)

Можна сказати, що для цементу першого типу більш ефективним є другий спосіб введення ВПУД, що характеризується збільшенням міцності на стиск (рис.4,а) у проектному віці 28 діб, хоча в ранні строки твердіння міцність штучного каменя не перевищує контрольний склад. Проте штучний камінь в ранньому віці (7 доба) характеризується більшою міцністю на стиск при першому способі, а міцність на згин також вища в порівнянні з другим способом. Міцність на згин зразків (рис.4,б) майже не залежить від способу введення ВПУД і є нижчою від контрольного складу.

Для цементу другого типу (рис.5) відчутні переваги демонструє використання другого способу введення ВПУД міцність при стиску і згині зразків у віці 28 діб перевищує контрольний

на 30% та 20% відповідно. Хоча на ранніх етапах твердіння механічні характеристики цементного каменя з ВПУД дещо поступаються контрольним зразкам.

Вибір саме цементу другого типу з добавкою доменного гранульованого шлаку є більш раціональним, оскільки такий цемент дешевший, менш енергоємний, а його продукти гідратації характеризуються нижчою основністю, що покращує довговічність матеріалів та стійкість до дії прісних, сульфатних вод.

Виявлені закономірності дозволяють рекомендувати раціональну технологію виготовлення цементних розчинів та бетонів на основі водних поліуретанових дисперсій, що будуть наближені до традиційних технологічних операцій на підприємствах будівельної індустрії з використанням традиційного обладнання.

Проведені дослідження дозволяють прогнозувати використання цементно-поліуретанових дисперсій в якості двокомпонентних гідроізоляційних сумішей для захисту бетону, причому модифікація цементної складової може бути направлена на зниження витрати енергоємного матеріалу шляхом часткової заміни його техногенними продуктами (шлаками, золами), а ВПУД можуть бути модифіковані вуглецевими нанотрубками, що сприятиме покращенню тріщиностійкості та деформативності покриттів.

ВИСНОВКИ

1. Показано можливість синтезу на основі водних поліуретанових дисперсій з частинками наномасштабного рівня (86 нм) цементних композицій для гідроізоляційних покриттів по бетону.

2. Вивчено механічні властивості цементного тіста на основі двох типів цементів: бездобавочного ПЦ-I 500 та з добавкою доменного гранульованого шлаку ПЦ-II АШ 400 і показано, що оптимальною концентрацією для композиційних матеріалів є 1% сухої речовини у ВПУД.

3. Досліджено кінетику набору міцності цементного каменя з різними концентраціями ВПУД та порівняно отримані результати з пластичною міцністю, як характеристикою структуроутворення композиту, і доведено, що зразки з найменшою пластичною міцністю (1% ВПУД для двох типів цементів) характеризуються і найвищими величинами міцності при стиску у ранні та ізні строки твердіння, що можна пояснити формуванням більш досконалої структури штучного каменя у порівнянні з контрольними зразками та зі зразками більшої концентрації ВПУД.

4. Вивчено різні способи отримання цементних композицій за рахунок замішування цементу розведеними до необхідної концентрації ВПУД (1,3,5,7%) та при введенні в цемент разом з водою замішування концентрованої (25%) ВПУД в кількості, що відповідає визначеній в першому способі концентрації. Показано, що другий спосіб введення ВПУД дозволяє отримати штучний камінь з більшими величинами міцності порівняно з контрольними складами і, особливо це характерно для цементу другого типу. Крім того, другий спосіб в більшій мірі притаманний промисловій технології виготовлення розчинів та бетонів, коли ВПУД можна вводити в суміш як рідку добавку.

5. Отримані цементні композиції після додавання фракціонованого піску з успіхом можна використовувати для гідроізоляції бетонних споруд при врахуванні переваг цементу (адгезії до вологого бетону, довговічність) та поліуретанів (водостійкість, еластичність, гідрофобність).

ЛІТЕРАТУРА

1. Современные гидроизоляционные материалы/ Войтов А.И., Козачук В.Л., Лайкин В.В., Шкуратовский А.А. - Киев: АО "Мастера", 2006. - 192 с.
2. Композиционные материалы на основе полиуретанов: пер. с англ. /Под ред. Ф.А.Шутова.- М.:Химия, 1982.- 240 с.
3. Липатов Ю.С. Структура и свойства полиуретанов/ Ю.С.Липатов, Ю.Ю. Керча, Л.М. Сергеева .- Киев: Наукова думка, 1990.- 280 с.
4. Полімерсилікатні композиції на основі поліізоціанатів для захисту бетонних виробів і споруд//Петрикова Є.М., Шейніч Л.О., Мельник І.В., Капась І.В.// Зб. наук. праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди».-Рівне, РДТУ, 2001.- Вип.7.- С.64-71.
5. Водные полиуретановые дисперсии, не содержащие растворителя/ А.А.Мищенко, Н.П.Короткова, В.С.Лебедев, Ю.Т.Панов, Е.С.Кузнецова, В.В.Сафонов// Лакокрасочные материалы и их применение (ЛКМ).-2014.-№1-2.-С.18-21.
6. Мищенко А.А. Разработка экологически эффективной полиуретановой дисперсии для водостойких покрытий: дис. ... канд.техн.наук: 05.17.06.- М., 2014.- 145 с.
7. Bartos P. J. M. Nanotechnology in construction / P.J.M. Bartos, J.J. Hughes, P. Trtik // RSC publications. – 2004. - P. 150–157.
8. Горшков В. Б. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / Горшков В.Б., Тимашев В.В., Савельев В.Г. — М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
9. Пушкарьова К.К. Особливості процесів структуроутворення гідроізоляційних покриттів, модифікованих нанотрубками // Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Марціх А.С.// Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка – Київ, НДІБМВ, 2014. – Вип. 53. – С. 8-13.

УДК 666.97.03:620.3

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ДИСПЕРСИЙ КАК СОСТАВЛЯЮЩИХ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ СМЕСЕЙ НА ЦЕМЕНТНОЙ ОСНОВЕ

/Суханевич М.В., Устименко М.Е./

В статье изучены особенности технологии введения водный полиуретановых дисперсий в цементную композицию, и влияние технологических процессов на физико-механические свойства полученных на их основе гидроизоляционных смесей.

Ключевые слова: цементная композиция, водная полиуретановая дисперсия, наномасштабный уровень, гидроизоляционные смеси, прочностные свойства, пластическая прочность.

UDK 666.97.03:620.3

TECHNOLOGICAL FEATURES OF AQUEOUS POLYURETHANE DISPERSIONS USE AS A COMPONENT OF CEMENT-BASED WATERPROOFING MIXTURES

/Sukhanevych M.V., Ustymenko M.E./

The article studied technology features injection of water polyurethane dispersions in cement composition, and the impact of technological processes on the physical and mechanical properties obtained on the basis of waterproofing compounds.

Keywords: cement composition, the water polyurethane dispersion, nanoscale level, waterproofing mixture, mechanical properties, plastic strength.

УДК 666.772.1: 698.9.03

*Хамеди Абдулла Джафар Аль Мусаи, аспирант
Научно-исследовательский институт вяжущих веществ и
материалов им. В.Д. Глуховского
Киевский национальный университет строительств и
архитектуры,
Воздухофлотский пр-т, 31, 03037, Киев, Украина,
тел. +38(044) 245 48 30, e-mail: jaafar.a19871@gmail.com*

АПРОБАЦИЯ АТМОСФЕРОСТОЙКИХ ГЕОЦЕМЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Приведены результаты промышленной апробации разработанного геоцементного покрытия, предназначенного для защиты металлоконструкций шахты грузового лифта от атмосферной коррозии в условиях ООО "ГеоРесурс". В результате выполнения антикоррозионных работ израсходовано грунтовочного покрытия – 1,5 кг, основного покрытия – 2,5 кг; общая площадь защищаемой поверхности составила 15,26 м². Расход грунтовочного покрытия составлял 0,197 кг/м²; защитного – 0,328 кг/м². После отверждения грунтовочного и основного слоев атмосферостойкого геоцементного покрытия до степени 3 на металлической поверхности защищаемых конструкций не обнаружено вздутий, трещин и сползаний как грунта, так и основного слоя покрытия.

***Ключевые слова:** атмосферная коррозия, геоцемент, кавитационная обработка, металлическая подложка, покрытие*

Постановка проблемы. Атмосферная коррозия – это коррозия сооружений и оборудования, эксплуатирующихся в нормальной земной атмосфере. Скорость коррозии и вид коррозионного разрушения зависят от природы металла, влажности, загрязненности атмосферы (ГОСТ 16350-80). В среднем скорость коррозии металлов в атмосфере ниже, чем в почве и морской воде. Основным стимулирующим фактором атмосферной коррозии является вода. При относительной влажности воздуха до 60 % следы влаги на поверхности металла отсутствуют. В этом случае коррозия протекает по химическому механизму. Образующиеся на поверхности оксидные пленки обладают защитными свойствами и тормозят развитие коррозионных разрушений [1].

При относительной влажности воздуха, равной 60-70%, начинается конденсация влаги и на поверхности металла появляется адсорбционная пленка воды. Относительная влажность, при которой начинается конденсация влаги на поверхности металла, называется критической влажностью. Она зависит от состояния металла и от степени загрязнения воздуха. При относительной влажности, близкой к 100 %, или при непосредственном увлажнении металла (дождь, туман), на поверхности происходит образование видимых фазовых слоев воды. Указанные три типа состояний значительно отличаются по механизму протекания процесса коррозии [1, 2].

В области сухой коррозии, как указывалось выше, реализуется химический механизм процесса и скорость разрушения металлов невелика. Рост оксидной пленки происходит в первые секунды и минуты. После двух-трех часов дальнейшее утолщение пленки прекращается. Предельная толщина пленок на железе – 0,30-0,40 нм, на нержавеющей сталях – 0,10-0,20 нм.

При образовании адсорбционного слоя влаги (толщиной порядка нескольких молекулярных слоев) на поверхности металла появляется электролит. В этих условиях реализуется электрохимический механизм и скорость коррозии значительно возрастает. Пленка влаги имеет небольшую толщину, кислород проникает через нее беспрепятственно и катодный процесс не затруднен. Анодный процесс осложняется тем, что продукты коррозии экранируют поверхность металла. Так как пленка влаги очень тонкая, то весьма существенны омические потери, но, в целом, процесс контролируется анодным торможением. При образовании фазовых пленок в области мокрой коррозии затрудняется доставка кислорода и наблюдается катодное торможение процесса [2].

Железо и сталь в обычных условиях подвергаются общей равномерной коррозии. Характер протекания атмосферной коррозии существенно зависит от конструктивных особенностей изделия. Наличие узких щелей и зазоров, в которых возможны капиллярная конденсация и застой влаги, усугубляют атмосферную коррозию и могут привести к образованию коррозионных язв.

Загрязнение атмосферы газами, пылью резко ускоряет коррозию. Это явление наблюдают в промышленных центрах, особенно в присутствии в воздухе SO_2 , NH_3 , H_2S , Cl_2 , HCl . Обнаружено резко стимулирующее коррозию влияние низких концентраций SO_2 . Так, присутствие в атмосфере SO_2 в концентрациях 15-35 мкг/м^3 увеличивает скорость коррозии в десятки и сотни раз. В это же время высокие концентрации SO_2 увеличивают скорость коррозионных разрушений только в 5-7 раз [2, 11].

Стойкость металлов к атмосферной коррозии зависит от их химической природы и состояния поверхности. По скорости коррозии (мкм/год) и стойкости в городской атмосфере металлы можно ранжировать в следующий ряд: Pb (4) < Al (8) < Sn (12) < Cu (12) < Ni (32) < Zn (50) < Fe (100) [1, 2]. Для защиты от атмосферной коррозии используют различные органические, неорганические [3-17] и металлические покрытия. Эффективно легирование стали небольшими количествами меди, никеля, фосфора и хрома.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [3-11] отмечено, что для защиты металлоконструкций из черных металлов от воздействий атмосферной влажной и газовой коррозии наиболее эффективно применять защитные композиции на основе геоцементов. Однако основным недостатком разработанных ранее покрытий является их низкая укрывистость, жизнеспособность, повышенная открытая пористость и, как следствие, невысокая долговечность. Поэтому актуальным является разработка защитных покрытий в системе " $\text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - n\text{SiO}_2 - m\text{H}_2\text{O}$ " на основе кавитационных технологий, предполагающих получение защитных покрытий с улучшенным комплексом физико-механических характеристик и отличающихся от известных более повышенной долговечностью и стойкостью в условиях влажной атмосферы.

Целью работы является апробация в промышленных условиях защитного геоцементного покрытия в системе " $\text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - n\text{SiO}_2 - m\text{H}_2\text{O}$ ", полученного в условиях кавитационной обработки и модифицированного органическим комплексом.

Методы исследований и материалы. Для получения атмосферостойких покрытий в качестве вяжущего использовали геоцементную суспензию состава $\text{K}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 4\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$ [12], которую подвергали кавитационной обработке [13-15] при давлении 12 атм. на протяжении 15 мин. Температура суспензии не превышала 35°C . После активации суспензии в кавитаторе, в ее состав вводили органический комплекс, состоящий из акрилового и кремнийорганического полимеров. В качестве наполнителей применяли молотый тальк, слюду, пигменты (TiO_2 , пигмент

синий железистый 5605 (Bayer) и функциональные (антикоррозионные) наполнители C_2F и CF [16, 17].

По данной методике подготовили два вида двухкомпонентных покрытий – грунт и функциональное, предназначенное для защиты металлоконструкций шахты грузового лифта от атмосферной коррозии в условиях ООО “ГеоРесурс” (рис. 1, а) в период 25-28.08.2015г.

Основные характеристики защитного покрытия определяли по действующим НТД на лакокрасочные материалы.

Изложение основного материала. Перед нанесением грунта и защитного покрытия были проведены работы, направленные на подготовку металлических поверхностей шахты грузового лифта [18]. Работы включали:

- удаление продуктов атмосферной коррозии металла – слоя ржавчины с помощью ручного абразивного инструмента;
- образование рельефа и шероховатости металлической подложки с помощью ручного абразивного инструмента (рис. 1, б).

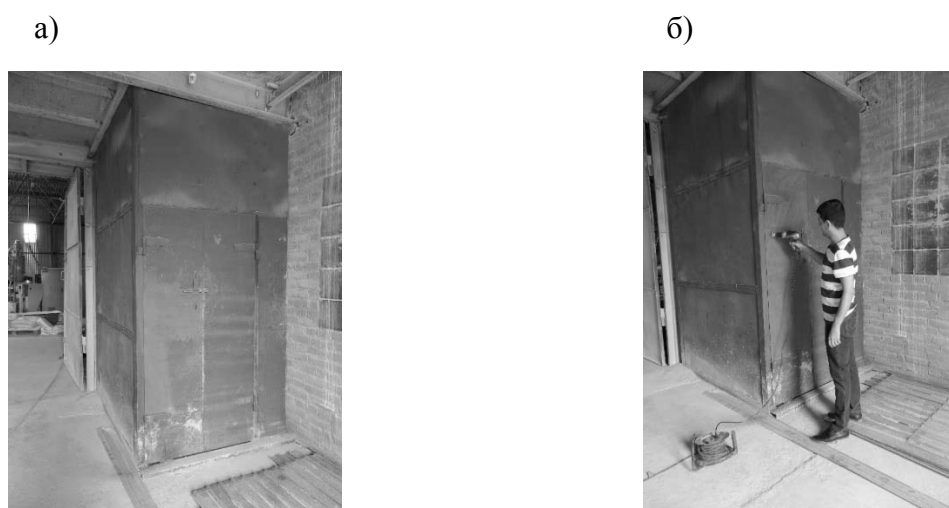


Рисунок 1. Внешний вид металлоконструкций шахты грузового лифта (а) и удаление продуктов атмосферной коррозии (б)

В ходе выполнения подготовительных работ оценена поверхность металла согласно требований ISO 8501-1 и ISO 8503 по: степени коррозии, чистоте поверхности после зачистки и ее шероховатости.

По завершению подготовительных работ установлено:

- поверхность ржавеющей стали соответствует степени В (по ISO 8501-1);
- после удаления ржавчины ручным абразивным инструментом поверхность металла имеет степень Sa 1 (по ISO 8503);
- после зачистки с помощью компаратора оценена шероховатость поверхности стальной подложки: профиль S – волнистый профиль, группа шероховатости – средне-грубая Rz 75 мкм (по ISO 8503). Данный профиль и группа шероховатости подходят для нанесения защитного атмосферостойкого покрытия толщиной до 250 мкм.

Нанесение грунтовочного покрытия. С помощью миксера (рис. 2, а), в течение 3 мин, смешивали сухую и жидкостную составляющие грунта до однородной консистенции.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Грунтовочное покрытие наносили на подготовленные поверхности валиком (б).

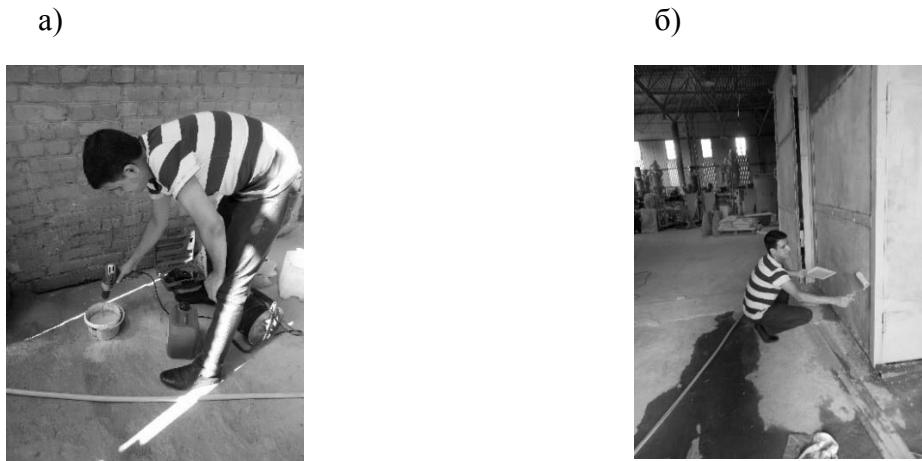


Рисунок 2. Приготовление (а) и нанесение грунтовочного покрытия (б)

После отверждение грунтовочного покрытия до степени 3, проводили работы, направленные приготвление (рис. 3, а) и на нанесение основного слоя функционального атмосферостойкого покрытия на основе геоцемента (рис. 3, б).

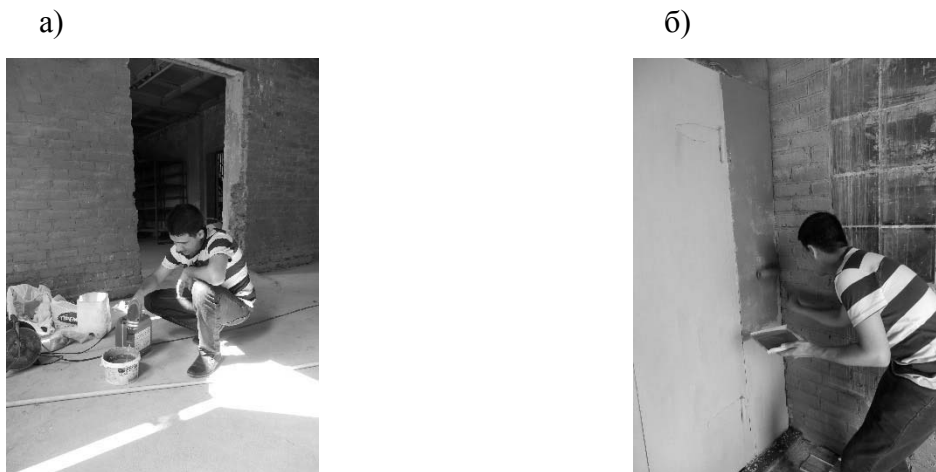


Рисунок 3. Приготовление (а) и нанесение основного слоя защитного атмосферостойкого геоцементного покрытия (б)

Внешний вид защищенных металлоконструкций шахты грузового лифта ООО “ГеоРесурс” приведен на рис. 4.

В результате проведения антикоррозионных работ, направленных на защиту металлоконструкций шахты грузового лифта, было израсходовано грунтовочного покрытия – 1,5 кг, основного покрытия – 2,5 кг; общая площадь защищаемой поверхности составила 15,26 м².

а)



б)



Рисунок 4. Внешний вид металлоконструкций шахты грузового лифта после нанесения слоев грунтовочного (а) и атмосферостойкого геоцементного покрытия (б)

Выводы

1. Проведены работы по антикоррозионной защите металлических поверхностей шахты грузового лифта в производственных условиях ООО “ГеоРесурс” атмосферостойким покрытием на основе кавитационно обработанного и модифицированного органическим комплексом геоцемента в системе “ $K_2O - Al_2O_3 - nSiO_2 - mH_2O$ ”.

2. В результате выполнения антикоррозионных работ было израсходовано грунтовочного покрытия – 1,5 кг, основного покрытия – 2,5 кг; общая площадь защищаемой поверхности составила 15,26 м². Расход грунтовочного покрытия составлял 0,197 кг/м²; защитного – 0,328 кг/м².

3. После отверждения грунтовочного и основного слоев атмосферостойкого геоцементного покрытия до степени 3 на металлической поверхности защищаемых конструкций не обнаружено вздутий, трещин и сползаний как грунта, так и основного слоя покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенфельд И.Л. Атмосферная коррозия металлов. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 372 с.
2. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Metallurgy, 1976. – 404 с.
3. Кривенко П.В. Защита металлоконструкций от агрессивных внешних сред композициями на основе геоцементов / П.В. Кривенко, С.Г. Гузий // Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Сейсмостійкість будівель та споруд / Вісник ОДАБА. - Вип. №33. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – С. 228-234.
4. Кривенко П.В. Антикоррозионные геоцементные композиции для защиты металлоконструкций / П.В. Кривенко, С.Г. Гузий, Л. Грич, П. Фабиан // Вісник ОДАБА. - Вип. №35. – Одеса: “Місто майстрів”, 2009. – С. 200-206.
5. Гузий С.Г. Изучение процессов структурообразования, происходящих в модифицированной геоцементной матрице и коррозионностойких покрытиях на ее основе / С.Г. Гузий // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Міжвідомчий наук-техн. зб. –

Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 34. – с. 338-347.

6. Кривенко П.В. Повышение коррозионной стойкости строительных металлических конструкций в агрессивных средах / П.В. Кривенко, С.Г. Гузий // Строительные материалы и изделия. - №2(61). – 2010. – С. 17-20.

7. Krivenko, P.V., Guziy S.G., Gric L., Fabian P. Geocement-based Coatings for Effective Protection of Metal Structures against Aggressive Environments/ First International on Advances Chemically-activated Materials (CAM' 2010 - China), May 9-12, 2010, Jinan, Shandong, China. - P. 206-215.

8. Гузий С.Г. Влияние добавок–модификаторов на процессы структурообразования, адгезионные и прочностные свойства геоцементной матрицы / С.Г. Гузий // Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів імені А.С. Бережного». - Харків: «Каравела». - 2010. - №110. – С. 494-502.

9. Гузий С.Г. Защитные геоцементные покрытия протекторного типа для металлических конструкций / С.Г. Гузий // Технологии бетонов. - №11-12. - 2010. – С. 37-46.

10. Krivenko P.V., Guziy S.G. Aluminosilicate coatings with enhanced heat- and corrosion resistance / Applied Clay Science Vol. 73 (2013) pp 65-70.

11. Kryvenko P.V., Guziy S.G., Abdullah Al Musa J. Geocement-based coatings for protection of metal surfaces from acid gas environments / Proc. 2nd International Conference on Advances in Chemically-activated Materials (CAM'2014) June 1-3, Changsha, China, 2014. – pp. 435-448.

12. Кривенко П.В. Оптимізація складу геоцементу на основі калієвого рідинного скла для отримання антикорозійних покриттів / П.В. Кривенко, С.Г. Гузий, Д. Абдулла Аль Мусаи, Т.В. Ляшенко // Моделирование и оптимизация композитов. МОК материалы к международному семинару, по священному 80-летию В.А. Вознесенского, Одесса, 22-23 апреля-2014. – О.: Астропринт, 2014. – С. 133-136.

13. Kryvenko P.V., Guziy S.G., Abdullah Al Musa J. Effect of Cavitation Treatment on Nanostructuring of Alkali Aluminosilicate Dispersions / VI Intern. Conf. on Nano-Technology in Construction (NTC 2014), Cairo, Egypt, 22-24 March 2014, pp. 52-64.

14. Кривенко П.В. Влияние кавитационной обработки на реокинетические свойства щелочных алюмосиликатных дисперсий / П.В. Кривенко, С.Г. Гузий, Д. Абдулла Аль мусаи // Вісник ОДАБА. – О.: Зовнішрекламсервіс. - № 57. – 2015. - С. 65-72.

15. P. Krivenko, S. Guziy, J. Abdullah Al Musa The Influence of Cavitation Treatment On Amorphization of Kaolinite in the Dispersion of the “Kaolin- $\text{Na}_2\text{O}_n\text{SiO}_2\cdot m\text{H}_2\text{O}-\text{NaOH}-\text{H}_2\text{O}$ ” Composition / K. Scrivener and A. Favier (eds.), Calcined Clays for Sustainable Concrete, RILEM Bookseries, pp 387-394.

16. Джафар Абдулла Аль-Мусаи Исследование эксплуатационных характеристик атмосферостойких геоцементных покрытий для металлоконструкций / Д. Абдулла Аль Мусаи, П.В. Кривенко, С.Г. Гузий // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: наук.-техн. зб. – 2014. - № 53. – С. 48-55.

17. Pavel Krivenko, Sergey Guziy, Hameedi Abdullah Jafar Al-Musaedi Atmospheric Corrosion Protection of Metallic Structures Using Geocements-based Coatings / Solid State Phenomena Vol. 227 (2015) pp 239-242.

18. Балалаев Г.А. Производство антикоррозионных работ. - М.: Высшая школа, 1973. – 384 с.

УДК 666.772.1:698.9.03

**АПРОБАЦІЯ АТМОСФЕРОСТІЙКИХ ГЕОЦЕМЕНТНИХ ПОКРИТТІВ
В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ**

/ Хамеді Абдула Джафар Аль Мусаї /

Наведено результати промислової апробації розробленого геоцементного покриття, призначеного для захисту металоконструкцій шахти вантажного ліфта від атмосферної корозії в умовах ТОВ "ГеоРесурс". В результаті виконання антикорозійних робіт витрачено ґрунтовки - 1,5 кг, основного покриття - 2,5 кг; загальна площа поверхні, що захищається, склала 15,26 м². Витрата ґрунтовки становило 0,197 кг/м²; захисного покриття - 0,328 кг/м². Після затвердіння шару ґрунтовки і шару атмосферостійкого геоцементного покриття до ступеня 3 на металевій поверхні конструкцій, що захищались, не виявлено здуття, тріщин і сповзань як ґрунту, так і основного шару покриття.

Ключові слова: атмосферна корозія, геоцемент, кавітаційна обробка, металевий підклад, покриття.

UDC 666.772.1:698.9.03

**APPROBATION GEOCEMENT WEATHERPROOF COATINGS
IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS**

/ Hamed Al Abdullah Jafar Al Musai /

Results of industrial approbation of the developed geocement coating designed to protect steel structures freight elevator shaft from atmospheric corrosion in "GeoResources" LLC. As a result of work expended anticorrosive primer - 1.5 kg, the base coat - 2.5 kg; the total area of protected surface was 15.26 m². Consumption primer was 0.197 kg/m²; protective - 0.328 kg/m². After curing the primer and base coat layers weather able geocement to 3 degrees on the metal surface is not protected structures found blistering, cracking and the slide as a primer, and the main coating layer.

Keywords: atmospheric corrosion, coating, cavitation processing, geocement, metal substrate.

**КОНТРОЛЬ
ТА НАГЛЯД ЗА ЯКІСТЮ**

**КОНТРОЛЬ
И НАДЗОР ЗА КАЧЕСТВОМ**

**SUPERVISION
AND QUALITY CONTROL**

УДК 658.562: 658.5+004.492.3

Коваль В.Б., аспирант,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,

Воздухофлотский пр-т, 31, 03037, Киев, Украина,

тел. +38(066) 592 2736, v.koval@gmail.com,

Дюжилова Н.А., к.т.н., и.о. директора

ГП "Научно-исследовательский институт и проектно-конструкторский институт строительных материалов и изделий", ул. Константиновская, 68, Киев, 04080, Украина, тел. +38(044) 425-56-32, 1234natasha4321@ukr.net

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТАХ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА И ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТА-ДЕВЕЛОПЕРА

В работе предложен новый подход к проблеме принятия решений в организации обустройства внутренних помещений жилых и промышленных зданий, характеризуются не четкой информации о протекании процессов и методов реализации на основе механизма нечеткого логического вывода и знаний эксперта-девелопера. Приведена методика использования решений на примере контроля процесса качества выполнения отделочных работ. Полученные результаты могут быть использованы в качестве базовой основы для принятия решений в организации выполнения отделочных работ под руководством девелопера.

Ключевые слова: *нечеткая логика, нечеткие множества, нечеткий вывод, лингвистическая переменная, фаззификация, дефаззификации, база знаний, организация обустройства, внутренние помещения, эксперт-девелопер.*

Постановка проблемы. Анализ состояния выполнения отделочных работ внутренних помещений жилых и промышленных зданий показывает, что традиционные мероприятия и предпринимаемые решения на их развитие и реализацию не дают прогрессивных и существенных результатов. Несмотря на использование процессного подхода к организации выполнения отделочных работ, основанного на основе системного сетевого моделирования, он не до конца препятствует коррупционным схемам прорабов на строительной площадке. Частично данная проблема решается за счет использования системотехнической методологии [1, 2], которая учитывает сроки и качество выполнения работ согласно контракту. Особенность системной методологии формирования организации выполнения отделочных работ проявляется в функционировании множественных участников выполнения работ, путей управления между ними, связанными как с внутренними, так и с внешними факторами. Однако в данной методологии не рассматривается вопрос контроля расхода материалов и их цены, не реализуется критерий жадности [2], направленный на минимизацию затрат и снижение сроков выполнения работ. По данным [3-5] отделочные S-образные процессы развиваются как с постоянной, так и изменяющейся интенсивностью (табл. 1). Анализ возможных состояний развития данных процессов показывает, что они могут быть параллельными, последовательными ритмичными, ритмичными непредсказуемыми, предсказуемыми со снижающейся интенсивностью

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

(табл. 1). Как правило, учитывается неравномерность развития процессов в соответствии с законом S-образного развития, а отделочные операции внутренних помещений зданий и сооружений выполняются по стандарту в равномерном ритме. Такое противоречие не учитывается в организационно-технических системах, что приводит к возникновению запланированных сбоев и нестыковок.

Таблица 1

Возможные варианты процессов выполнения отделочных работ

№	Определение	Изображение	Характеристика
1	Параллельные ритмичные процессы		- Линия завершения - Линия начала действия последующих процессов
2	Последовательные ритмичные процессы		Каждый последующий процесс начинает действовать по достижении зрелости предыдущего
3	Аритмичные сбалансированные процессы		Изменение интенсивности процессов происходит через определенное время
4	Аритмичные непредсказуемые процессы		Процессы начинают действовать неожиданно
5	Параллельные процессы со снижающейся интенсивностью		Каждый последующий процесс начинается одновременно, а завершается последовательно

Так как на разных стадиях S-образного развития интенсивность различна, то все составляющие процессы производства отделочных работ должны изменяться соответственно темпам реализации. Задавшись темпами необходимыми для достижения цели в срок, следует управлять комплексным потоком так, чтобы все пять процессов гарантировали взаимное выполнение необходимых действий. Контроль за управлением данного потока следует возложить на эксперта-девелопера.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [6-9] отмечено, что при построении различных организационных и управленческих систем, характеризующихся нечеткой информацией о протекающих процессах, возникает ряд проблем, связанных с трудностью формализации решаемых задач, проведение качественных оценок как входных данных, так и выходных результатов и др. Перечисленное относится к классу fuzzy (нечетких) систем и решается методами нечеткой логики на основе программных продуктов CubiCalc 2.0 RTC, RuleMaker, FuziCalc OWL.

Постановка задачи и ее решение. В данной работе впервые рассматривается задача принятия решения эксперта-девелопера на предмет выполнения отделочных работ внутренних помещений жилых и промышленных зданий и сооружений по следующим направлениям: оценка качества подготовки поверхностей под выполнение отделочных работ; цена и наличие на строительной площадке (в нашем случае, внутри помещений) отделочных материалов; количество рабочих и качество выполнения ими отделочных работ; сроки выполнения отделочных работ; контроль по расходу материалов и пресечения жульничеств прорабов.

Анализ современных существующих средств принятия решения по данному направлению весьма скуден. Поэтому для реализации данного направления использован математический аппарат нечеткой логики (НЛ), который в последнее время эффективно используется для решения ряда задач со слабоструктурированными данными. Механизмы нечеткой логики позволяют строить модели предметной области, адекватные реальным, на основе семантического описания объекта исследования и знаний экспертов, что на много проще разработки сложных математических моделей. При этом, с помощью специализированных методов обработки нечисловой информации обеспечиваются достаточно точные решения.

Опустим трактовку основного математического аппарата нечеткой логики, изложенного в работах [6, 7], и перейдем к приятию решения на примере лингвистической переменной "Качество выполнения работ (КВР)".

В данной КВР значениями могут быть нечеткие переменные, образуемые с помощью модификаторов (или, не, очень и др) в виде: очень низкая, средняя, очень высокая. Функция принадлежности, если она задана, позволяет оценить далее лингвистическую переменную. Применительно к высказываниям в нечеткой логике применимы функции алгебры логики, которые имеют не численные, а лингвистические значения истинности, которые адекватны степени принадлежности. Основой семантического описания исследуемой модели является выбор и анализ входных и выходных лингвистических переменных, а также их значений, которые получаются с помощью мониторинга и экспертных оценок. Лингвистическая переменная считается заданной, если для нее определены: наименование N , универсальное множество A (область рассуждений), базовое терм – множество T (нечеткие переменные- значения лингвистической переменной), функция принадлежности μ и семантические процедуры преобразования (модификации) переменных термов лингвистической переменной. Основой исследования нечетких моделей является механизм нечеткого логического вывода, который содержит следующие этапы: - фаззификация; - нечеткий логический вывод; - дефаззификация.

Фаззификация - процесс перевода входных четких величин, полученных на основе экспертного анализа исследуемого объекта, в нечеткие переменные. На этапе логического вывода используются нечеткие продукционные (if – then) правила, заложенные в базу знаний, для преобразования нечетких входных данных после фаззификации в выходные, которые также носят нечеткий характер.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Дефаззификация - композиция и приведение к четкости нечетких множеств логического вывода для принятия решения. Механизм нечеткого вывода в данной работе реализуется с помощью нечеткой модели, которая основана на семантическом описании и анализе множества возможных состояний КВР (1) в течении жизненного цикла (ЖЦ), рассчитанного с помощью сетевого графа:

$$\text{КВР} \rightarrow \{ (X, Y, V, Z) \}, \quad (1)$$

где X – универсальное множество входных состояний $x \in X$, принимающих участие в оценке КВР; Y – универсальное множество выходных состояний $y \in Y$ (компоненты, которые потенциально могут оказывать влияние на КВР); V – множество нечетких отношений (x_i, y_j) , характеризующие связи между элементами множеств X и Y ; Z – характеристические параметры отношений.

Входные значения определяются и приводятся к определенному формату экспертом по результату мониторинга [8]. Таким образом, в результате фаззификации определяется лингвистическая переменная, ее нечеткие переменные и степень их принадлежности. Поведение КВР на этапах ЖЦ многовариантно, имеет нечеткий характер и, в принципе, не может быть просто прогнозировано. Кроме того, их функции принадлежности не определены, что делает невозможным оценки выходной лингвистической переменной. В работе [10] данные функции определяются, в отличие от типовых подходов, косвенным путем на основе анализа и оптимизации матриц нечетких отношений V_{Π} , V_a , V_d с привлечением оценок экспертов. Данная задача сводится к задаче ранжирования, в попарное сравнение экспертов производится с учетом оценочных признаков, позволяющих учесть особенности сравниваемых объектов. Исходным для решения задачи является построение матрицы превосходства $S = |s_{ij}|$, элементы которой s_{ij} выражаются любым положительным числом ($s_{ij} = s_i / s_j$; $0 < s_{ij} < \infty$; $s_{ji} = 1 / s_{ij}$; $s_{ii} = 1$; $i, j = 1, \dots, m$, где m - число возможных исходов). Элементы s_{ij} матрицы S определяются вычислением значений парных предпочтений по каждому признаку отдельно с учетом их весов $P = \{p_k\}$; $k=1, \dots, r$, с использованием выражения (2):

$$s_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^r s_{ij}^k \cdot p_k}{\sum_{k=1}^r s_{jk}^k \cdot p_k}; \quad s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}}; \quad s_{ii} = 1; \quad i, j = \overline{1, m} \quad (2)$$

С помощью матрицы S определяется собственный вектор $\Pi = (\pi_1, \dots, \pi_m)$, который соответствует максимальному положительному корню / характеристического полинома S $|S - \lambda \cdot E| = 0$; $S \cdot \Pi = \lambda \cdot \Pi$, где E - единичная матрица. Компоненты вектора Π ($\sum \pi_i = 1$) отождествляются с оценкой $\mu_{Y_{\Pi}}(x_i, y_j)$, учитывающей принятые признаки опасности. Подобная процедура производится для всей матрицы $V_{\Pi} = |x_i, y_j|$. В итоге получаем оптимизированную матрицу отношений $V_{\Pi} = |x_i, y_j|$, в которой используются лишь отношения x_i, y_j с наиболее выраженным уровнем опасности, определяемым значением, равным π_{\max} , ($0 \leq \pi_{\max} \leq 1$). С использованием данной матрицы строится нормированная кривая функции принадлежности $\mu_{Y_{\Pi}}(x_i, y_j)$ выходной переменной y , а также таблица, в которой каждому значению $\mu_{Y_{\Pi}}(x_i, y_j)$ ставится в соответствие пара (x_i, y_j) , позволяющая идентифицировать, в том числе,

ресурсы, которые были использованы для обеспечения качества выполняемых работ на рассматриваемом жизненном цикле и на временном периоде выполнения работ (рис. 1). Для компактности отношения (x_i, y_j) заменены символом R [10].

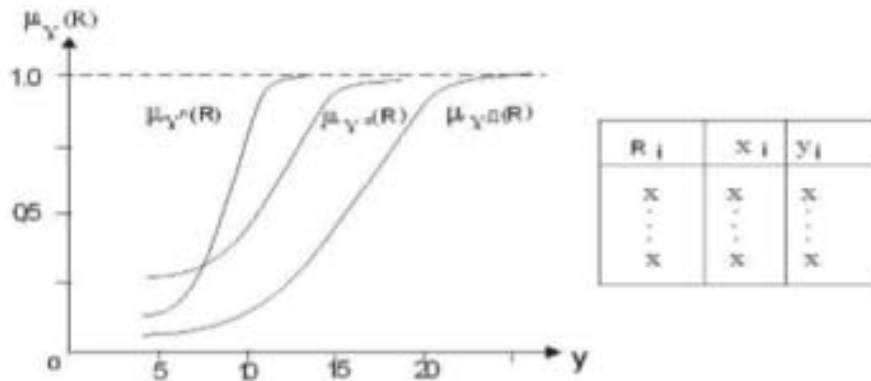


Рисунок 1. Примерный вид функций принадлежности выходной переменной

Как видно с рис. 1, данный вид функции четко ассоциируется с прохождением параллельных процессов выполнения отделочных работ со снижающейся интенсивностью (табл. 1).

Основой для нечеткого вывода служит база знаний, которая содержит множество нечетких продукционных правил (НПП), определяющих стратегию решения задачи. Типичное продукционное правило базы правил состоит из посылки (антецедента): нечеткие высказывания в форме «если...» и заключения (консеквента) – в форме «то...». Антецедент может содержать несколько посылок, которые объединяются в зависимости от стратегии посредством логических связок «и» или «или». Каждое из правил нечетких продукций может иметь некоторый вес $F_i \in [0,1]$, который определяет значимость правила или уверенность в степени истинности заключения, получаемого по отдельному нечеткому правилу. В общем виде база, содержащая m правил, имеет вид: Π_1 : если x_1 это A_{11} ... и (или) ... x_n это A_{1n} , то y это R_1 ; Π_i : если x_1 это A_{i1} ... и (или) ... x_n это A_{in} , то y это R_i ; Π_m : если x_1 это A_{m1} ... и (или) ... x_n это A_{mn} , то y это R_m , где: x_k – входные переменные, $k=1, \dots, n$; y – выходная переменная; A_{ik} – заданные нечеткие множества с функциями принадлежности ($i=1, \dots, m$; $k=1, \dots, n$). На основе нечетких высказываний, истинность которых установлена в результате фаззификации, оценивается степень истинности нечетких высказываний, являющихся заключением соответствующих НПП. Далее выполняется процедура (агрегирование) определения степени истинности левых частей (уровней отсечения – a_i) по каждому из правил системы нечеткого вывода. Так, дизъюнкцией нечетких высказываний является логическая операция, результатом которой является нечеткое высказывание, определяемое как (3):

$$a_i = \max_k (A_{ik}(X_k)) . \tag{3}$$

В рассматриваемой задаче приведем для примера фрагмент базы правил (три переменные и три правила), в которой для каждого правила использованы связки «или» и

значения F_i равны единице: П1: если $x_1 = M$, или $x_2 = C$, или $x_3 = B$, то $y = Rп$; П2: если $x_1 = M$, или $x_2 = C$, или $x_3 = B$, то $y = Ra$; П3: если $x_1 = M$, или $x_2 = C$, или $x_3 = B$, то $y = Rд$. В работе используется стратегия на основе правила max-min композиции и нечеткой операции max – дизъюнкции для оценки одинаковых заключений. В рассматриваемом фрагменте при заданных x_1, x_2, x_3 правила 1-3 позволяют получить нечеткое заключение о степени истинности качества выполнения отделочных работ на исследуемых этапах: $\mu_1 = \max\{\mu_{хп}(M); \mu_{хп}(C); \mu_{хп}(B)\} = \max\{0,62; 0,78; 0,37\} = 0,78$. $\mu_2 = \max\{\mu_{ха}(M); \mu_{ха}(C); \mu_{ха}(B)\} = \max\{0,9; 0,5; 0,25\} = 0,90$. $\mu_3 = \max\{\mu_{хд}(M); \mu_{хд}(C); \mu_{хд}(B)\} = \max\{0,42; 0,28; 0,5\} = 0,5$.

Далее для нечеткого вывода выполняется процесс активизации: процесс нахождения степени истинности каждого из заключений нечетких производственных правил, который осуществляется усечением функций принадлежности выходной переменной на уровнях μ_1, μ_2, μ_3 , (рис. 2, б): $\mu_{Yп}(R) = 0,78$; $\mu_{Ya}(R) = 0,90$; $\mu_{Yд}(R) = 0,5$. Для композиции (объединения) полученных усеченных функций используется максимальная композиция нечетких множеств $M_y(R) = \max_i(\mu_y(R))$ где $M_y(R)$ – функция принадлежности итогового нечеткого множества. На рис. 2 показана графическая интерпретация нечеткого вывода для трех входных переменных и трех нечетких правил.

Заключительным является этап дефаззификация- приведение к четкости (получение численного значения для принятия решения), (рис. 2, в). Существует ряд методов дефаззификации. В нашем случае используется метод центра тяжести. При дефаззификации методом центра тяжести значение выходной переменной равно абсциссе центра тяжести площади, ограниченной графиком функции принадлежности итогового нечеткого множества $M_y(R)$ (4):

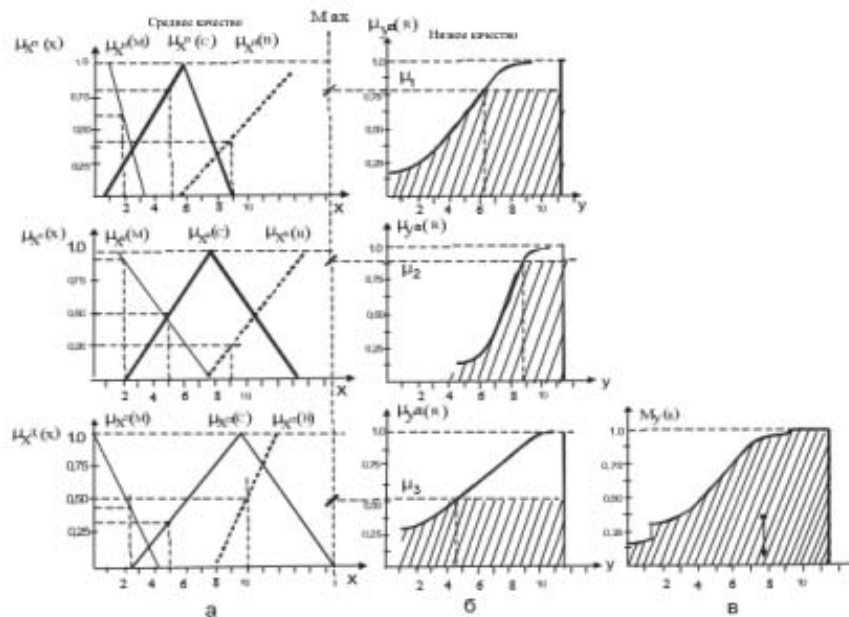


Рисунок 2. Графическая интерпретация нечеткого вывода

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i M_{y(R)}i}{\sum_{i=1}^n M_{y(R)}i} = \frac{9,00,9+7,50,78+4,20,5}{0,90+0,78+0,5} = 7,36 \quad (4)$$

По аналогии с выше приведенными выкладками производится оценка лингвистической переменной и принятие решения эксперта-девелопера и для других направлений: оценка качества подготовки поверхностей под выполнение отделочных работ; цена и наличие на строительной площадке (в нашем случае, внутри помещений) отделочных материалов; количество рабочих; сроки выполнения отделочных работ; контроль по расходу материалов и пресечения жульничеств прорабов.

Вывод. В работе впервые предложен метод принятия решения в отделочных работах на основе нечеткого логического вывода и знаний эксперта-девелопера, позволяющий получать достаточно точные решения на основе семантического описания задачи и нечетких продукционных правил. Результаты исследования показали возможность принятия оптимального решения путем проектирования соответствующей базы продукционных правил и стратегии их обработки в программной оболочке FUZZY EXPERT в организации выполнения отделочных работ под руководством девелопера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шепталин, Г. А. Общая теория систем и системный анализ: Учебн. пособие [Текст] / Г. А. Шепталин, Л. И. Шепталинина // Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. - 2007. – 101 с.
2. Коваль Б.В. Системний підхід в організації облаштування внутрішніх приміщень в промисловому та цивільному будівництві / Б.В. Коваль // Scientific Journal «ScienceRise». - №2/2(7). – 2015. – С. 49-52.
3. Побегайлов О.А. Моделирование технологических процессов при организации строительного производства / О.А. Побегайлов, А.В. Шевчук // Электронный научно-инновационный журнал «Науковедение», 2012. – № 4. Режим доступа <http://naukovedenie.ru/PDF/46trgsu412.pdf>.
4. Костюченко В.В. Управление процессом повышения эффективности организационно-технологических строительных систем / В.В. Костюченко // Электронный научно-инновационный журнал «Инженерный вестник Дона», 2012. – № 1. Режим доступа <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/735/>.
5. Костюченко В.В. Системотехническая методология организации процессов строительного производства / В.В. Костюченко // Инженерный вестник Дона – № 1. - Т. 19. - 2012. С. 530-535.
6. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
7. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB в fuzzyTECH – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
8. Д.И. Муромцев. Введение в технологию экспертных систем. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2005. – 93 с.
9. Теренчук С.А. Моделі і методи оцінки ризиків в інвестиційних будівельних проектах в умовах невизначеності / С.А. Теренчук, Б.М. Єременко, Д.Б. Журибеда // Теорія і практика

будівництва - №5. – 2009. С. 49-53.

10. Графов Р.П. Разработка метода принятия решения на основе нечеткого логического вывода и знаний эксперта / Р.П. Графов, Р.О. Ладунец, С.О. Шепарский // Вісник Хмельницького національного ун-ту. Технічні науки. - №1. – 2010. – С.156-161.

УДК 658.562: 658.5+004.492.3

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ В ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ РОБОТАХ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ І ЗНАНЬ ЕКСПЕРТА-ДЕВЕЛОПЕРА

/Коваль Б.В., Дюжилова Н.А./

У роботі запропоновано новий підхід до проблеми прийняття рішень в організації облаштування внутрішніх приміщень житлових та промислових будівель, які характеризуються нечіткою інформацією про протікання процесів і методів реалізації на основі механізму нечіткого логічного висновку і знань експерта-девелопера. Наведено методику використання прийняття рішень на прикладі контролю процесу якості виконання оздоблювальних. Отримані результати можуть бути використані в якості базової основи для прийняття рішень в організації виконання оздоблювальних робіт під керівництвом девелопера.

Ключові слова – нечітка логіка, нечіткі множини, нечіткий висновок, лінгвістична змінна, фазифікація, дефазифікація, база знань, організація облаштування, внутрішні приміщення, експерт-девелопер.

UDC 658.562: 658.5+004.492.3

DEVELOPMENT DECISION-MAKING METHODS IN THE FINISHING WORK ON THE BASIS OF FUZZY INFERENCE AND KNOWLEDGE EKSPERT-DEVELOPER

/Koval V.B., Djuzhilova N.A./

The paper presents a new approach to decision-making in the organization of the interior arrangement of residential and industrial buildings, is not characterized by clear information on the flow of processes and methods of implementation of a mechanism based on fuzzy logic and expert knowledge of the developer. The technique of making use of the example process control quality finishing work. The results can be used as a basic framework for decision-making in the organization of the finishing works under the guidance of developer.

Keywords – fuzzy logic, fuzzy sets, fuzzy conclusion linguistic variable, fuzzification, phasing, defuzzification, knowledge base, organization arrangement, interior, expert developer.

НІЗДРЮВАТИЙ БЕТОН

ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН

CELLULAR CONCRETE

УДК 666.972

*Лаповская С.Д., д.т.н., зам. директора по научной работе,
Зеленина А.И., к.х.н., старший научный сотрудник, директор,
ООО «ОСНафтохимсерт»,
ГП «НИИСМИ»,
г. Киев, ул. Константиновская, 68,
тел/факс +38(044) 425-37-75,
e-mail: mit@kievweb.com.ua*

АКЦЕПТУЮЧІ КОНТАКТИ НА ОСНОВІ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ – СУЧАСНИЙ МАТЕРІАЛИ ПОВНОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

В статті наведено результати вивчення взаємодії кислих газів з носіями, оксидами і карбонатами металів 1 і 2 групи. Показана доцільність застосування для очищення газових потоків акцептуючих контактів на основі автоклавного газобетону. Досліджено процеси формування активної фази на поверхні носія та фазовий склад отриманих акцептуючих контактів.

Ключевые слова: адсорбція, акцептуючий контакт, макропористий носій, очищення, топохімічна реакція.

Розвиток сучасного суспільства диктує промисловості свої вимоги, зокрема, щодо виробництва та застосування матеріалів, максимально дружніх до довкілля, так званих матеріалів повного життєвого циклу. Такі матеріали спричиняють мінімальний негативний вплив на довкілля в процесі їх виробництва і експлуатації та можуть бути повністю утилізовані по завершенню експлуатації.

НДІБМВ розроблено технологічний процес виробництва лужного акцептуючого контакту на основі використання відходів виробництва автоклавних ніздрюватих бетонів (газосилікату). Зокрема, розроблений акцептуючий контакт може бути використаний для очищення газів від сірководню та інших сірчистих сполук, неорганічних кислот (HCl, HF, H₂SO₄ і т.д.) та інших кислих домішок.

Наведено огляд основних способів виготовлення акцептуючих контактів та показано переваги застосування макропористих носіїв з автоклавного газобетону перед носіями у вигляді гранул зі спеченої шихти при очищенні кислих газів.

Існує два способи приготування контактів:

- 1 - введення активних компонентів в шихту на стадії формування гранул;
- 2 - попереднє приготування макропористого носія з наступним нанесенням на його поверхню активних компонентів, переважно оксидів лужних та лужноземельних металів традиційними методами.

Перший спосіб приготування носіїв полягає у формуванні та спіканні шихти, що являє собою суміш подрібнених основних оксидів, гідроксидів і солей з оксидами 3, 4, 8 груп періодичної системи елементів, в результаті чого дрібнодисперсні частки агрегатного матеріалу

зв'язуються між собою зростками, які утворюються в процесі спікання алюмінатами, силікатами і титанатами металів. За цим способом можливо отримати не тільки окисні, але і пористі металеві контакти. Залежно від складу і режиму приготування хімічні і структурні характеристики та механічна міцність гранул контактів може регулюватись в широких межах.

Висока дисперсність часток активних компонентів на поверхні пористого носія забезпечує більшу глибину вилучення кислих домішок, високу поглинальну здатність контактів та велику швидкість і глибину регенерації галоїду.

Активними компонентами акцептуючи контактів є оксиди або гідроксиди металів, на поверхні яких відбувається поглинання галоїдоводню. Реакція протікає за схемою:

Доведено, що взаємодія між акцептуючим контактом та кислим газовим середовищем відбувається по механізму топохімічної реакції, особливістю якої є взаємодія вихідного твердого продукту $A_{(ТВ)}$ з газом з утворенням нової твердої фази $B_{(ТВ)}$.

Розглянуто процес взаємодії кислих газів з акцептуючими контактами з автоклавного газобетону.

Для топохімічної реакції характерне те, що хімічне перетворення не може відбуватися в будь-якій точці простору, як наприклад, у випадку реакцій, що протікають в гомогенній системі. Реакція може здійснюватися лише на контактній межі між двома фазами.

Вивчено особливості топохімічної реакції газ-тверде тіло. Специфікою топохімічних реакцій є локалізація процесу на межі розділу твердих фаз вихідної речовини і продукту реакції. Описано основні стадії топохімічної реакції та кінетику їх протікання. Для описання кінетики топохімічного процесу використано параметри, що характеризують розвиток реакції не тільки у часі, але і в просторі. Детально розглянуто початковий період та утворення зародків нової фази в топохімічних реакціях. Показано, що утворення і ріст ядер супроводжується збільшенням їхньої кількості у часі, а спостережувана швидкість реакції пропорційна площі поверхні розділу твердих фаз.

Сама топохімічна реакція (газ - тверде тіло) у своєму розвитку проходить ряд стадій: початкового періоду, коли молекули твердого продукту реакції, які утворюються, дифундують вглиб твердого реагенту (до ядерний період), утворення і ріст твердого продукту реакції на поверхні вихідного твердого реагента, яка є можливою причиною автокаталізу і періоду злиття ядер і стадії утворення суцільного шару продукту реакції на поверхні твердої фази, що є відповідальним за сповільнення швидкості топохімічної реакції.

Показана можливість і доцільність використання акцептуючих контактів на основі оксидів лужних і лужноземельних металів нанесених на пористі носії для твердо фазового глибокого очищення газових потоків і органічних рідин від домішок кислот та їх ангідридів на ряді виробництв. Доведено, що контакти з високим вмістом лужного або лужноземельного агента мають підвищену динамічну активність, що пояснюється великим впливом ефекту розтріскування шару нової фази на більш крупних частках з утворенням додаткових транспортних пор.

УДК 666.972

АКЦЕПТИРУЮЩИЕ КОНТАКТЫ НА ОСНОВЕ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА - СОВРЕМЕННЫЙ МАТЕРИАЛ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

/Лаповская С.Д., Зеленина А.И./

В статье приведены результаты изучения взаимодействия кислых газов с носителями, оксидами и карбонатами металлов 1 и 2 группы. Показана целесообразность применения для очистки газовых потоков акцептирующих контактов на основе автоклавного газобетона. Исследованы процессы формирования активной фазы на поверхности носителя и фазовый состав полученных акцептирующих контактов.

***Ключевые слова:** адсорбция, акцептирующий контакт, макропористых носитель, очистки, топохимическая реакция.*

UDC 666.972

ACCEPTING CONTACT BASED ON AUTOCLAVE AERATED CONCRETE - MODERN FULL LIFE CYCLES MATERIALS

/Lapovska S.D., Zelenina A.I. /

The results of the study of the interaction of acid gases with the carriers, oxides and carbonates of metals 1 and 2 groups are given. The expediency of application for the purification of gas streams accepting contacts on the basis of AAC. The processes of formation of the active phase on the surface of the carrier and phase composition obtained accepts contacts.

Keywords: adsorption, accepts contact, macroporous carrier cleaning topochemical reaction.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДО ПУБЛІКАЦІЇ

Звертаємо Вашу увагу на те, що наукові статті згідно з вимогами ДАК повинні мати такі структурні елементи:

1. Постановка проблеми.
2. Аналіз останніх досліджень та публікацій.
3. Формулювання цілі статті.
4. Виклад основного матеріалу.
5. Висновки.
6. Список літератури (згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006).

До розгляду приймаються статті або доповіді обсягом до 6 повних сторінок українською, російською або англійською мовою виключно в електронному вигляді (CD, e-mail) в редакторі MS Word.

НАЗВА ФАЙЛУ - ПРИЗВИЩЕ АВТОРА.

Також додається копія статті у форматі pdf поліграфічної якості.

Індекс УДК друкують окремим рядком у верхньому правому кутку.

Анотацію українською мовою подають перед текстом статті. Анотацію англійською та російською мовами подають після списку літератури. Обсяг анотацій – не більше 60 слів.

Після анотацій **ОБОВ'ЯЗКОВО** вказують ключові слова (не більше, ніж 8) кожною мовою.

Формат аркушу А4 (210x297мм). Орієнтація книжна. Поля зверху, знизу, зліва і справа 22 мм.

Гарнітура Times New Roman; шрифт: заголовок – 14, текст – 12.

Абзац 1,2 см. Міжрядковий інтервал одинарний.

Рисунки надсилаються окремими файлами; назва файлу – порядковий номер рисунка у статті. Формати рисунка: tiff, pdf, eps, cdr, jpeg.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Кольорова модель – відтінки сірого або ч/б палітра, роздільна здатність не менше 300 dpi.

Рисунки, створені у програмах Excel, Visio Drawing, WordPad, CorelDRAW імпортуються у файл Word за допомогою меню Вставка/Об’єкт, щоб забезпечити можливість трансформації. Рисунки, створені за допомогою засобів Word, групуються та повинні бути доступними для виправлення.

Підписи рисунків:

Рисунок 1 - Назва рисунка

Підписи таблиць:

Таблиця 1

Назва таблиці

ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ *українською мовою*

УДК

*П.І.Б. автора, вчений ступінь, посада
Найменування організації, поштова
адреса, індекс
контактний тел. та e-mail автора*

НАЗВА СТАТТІ

Анотація.

Ключові слова:

ВСТУП

Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті

Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті Текст статті
статті Текст статті

ЛІТЕРАТУРА

Анотації російською та англійською мовами:

УДК

НАЗВАННЯ СТАТТІ

ФІО автора

Аннотація

Ключевые слова:

NAME OF ARTICLE

Name, Surname of autor

Abstract

Keywords:

*Автор статті несе відповідальність за наданий матеріал.
Будь-які вимоги до Оргкомітету щодо відповідальності та
відшкодування моральних або матеріальних збитків, спричинених через
помилково чи невірно внесені дані, виключаються.*

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Підписано до друку .09.2015 р. Формат 60x84/8.

Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.

Наклад 250. Зам. №

04080, м. Київ, вул. Костянтинівська, 68

Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів «НДІБМВ»,

тел. +38(044) 425-37-75, 425-56-32

ТОВ «Задруга»

Св.-во ДК №2000 від 03.11.2004 р.

04080, м. Київ, вул. Фрунзе, 86, тел. +38(044) 239-19 77