НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

НДІБВ

№ 39/2021

науково-технічний журнал

Раціональний вибір конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги у монолітних з/б багатоповерхових житлових будинках с. 3

Аналіз результатів інструментального моніторингу будівлі, прилеглої до ділянки будівництва тунелів метрополітену, в період виконання підготовчих робіт с. 12

Устаткування для транспортування бетону під час зведення висотних споруд с. 49

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 21943118 43ПР від 31.03.2016 р.
Внесено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі технічних наук зі спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування», 192 «Будівництво та цивільна інженерія» на підставі Наказу МОН України від 17.03.2020 р. № 409 та 051 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 073 «Менеджмент» на підставі Наказу МОН України від 02.07.2020 р. № 886.

Науково-технічний журнал заснований у січні 2001 року.

Співзасновниками є: Академія будівництва України (АБУ), ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» (ДП «НДІБВ») та Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА).

Видається НДІБВ 2 рази на рік.

Для співробітників науково-дослідних та проектних інститутів, спеціалістів будівельних організацій, викладачів і студентів вищих навчальних закладів

Редакційна колегія:

Григоровський П. Є., головний редактор, д.т.н., с.н.с.;
Молодід О. С., заступник головного редактора, к.т.н., доцент;
Барабаш М. С., д.т.н., с.н.с.;
Бєлєнкова О. Ю., к.е.н., доцент;
Гончаренко Д. Ф., д.т.н., проф.;
Данченко Ю. М., к.т.н., проф.;
Менейлюк О. І., д.т.н., проф.;
Радкевич А. В., д.т.н., проф.;
Рижакова Г. М., д.е.н., проф.;
Стеценко С. П., д.е.н., доц.;
Тугай О. А., д.т.н., проф.;
Хижняк В. О., к.е.н., доцент.

Зарубіжні члени редколегії:

Дзвігол Хенрік, проф. Сілезська політехніка. Глівіце, Польща;
Котовіч Януш, проф. Сілезська політехніка. Глівіце, Польща;
Кузьор Олександра, проф. Сілезська політехніка. Глівіце, Польща.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International (Республіка Польща).

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату
за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

www.ntinbuilding.ndibv.org.ua; editor@ntinbuilding.ndibv.org.ua; тел. +38 (066) 642 61 92
Літературний редактор Н.В. Пирог
Технічний редактор І.В. Азанова
Художнє оформлення А.С. Юдашкіна
Комп'ютерна верстка та графіка Н.С. Кузнєцова

Мови видання: українська і російська.
Затверджено до друку Вченою радою інституту, протокол № 2 від 27 липня 2021 р.
Редакція не несе відповідальність за достовірність наведеної в статтях інформації
Адреса редколегії журналу:
03110, Київ, МСП, пр. В. Лобановського, 51

© НДІБВ, 2021

УДК 699.844
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.1

Бабій І.М.
к.т.н., доцент кафедри технології будівельного виробництва,
Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса

Кальченя Є.Ю.
аспірант кафедри технології будівельного виробництва,
Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса

РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ПІДЛОГИ У МОНОЛІТНИХ З/Б БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ

Анотація. *Один із головних недоліків монолітних залізобетонних багатоповерхових будинків – шум. Проникаючи в квартиру, він стає причиною подразнення, перешкодою сну або зосередженої роботи. Ні для кого не секрет, що якісна звукоізоляція приміщень відіграє важливу роль у нашому житті і необхідна для нашого комфортного самопочуття.*

Ця стаття присвячена вирішенню важливого питання щодо звукоізоляції підлог у монолітних з/б багатоповерхових житлових будинках, а саме від ударного шуму. У статті розглянуті конструктивно-технологічні схеми звукоізоляції підлоги десяти типів з використанням різних матеріалів і їх комбінацій для досягнення нормативних вимог звукоізоляції від ударного шуму.

У виборі найбільш раціональної конструктивно-технологічної схеми використовувалися результати порівняльного аналізу організаційно-технологічних показників у разі влаштування звукоізоляції підлоги, а також показники приведеного ударного шуму, отримані в результаті проведення натурних випробувань.

Натурні випробування були проведені в будинках, що споруджуються. Від вибраної конструктивно-технологічної схеми буде залежати технологія виконання кожного типу підлоги, а в майбутньому і комфорт мешканців квартири. Порівняння конструктивно-технологічних схем у майбутньому дозволить дослідити і розробити сучасну і високоефективну конструктивно-технологічну схему конструкції звукоізоляції підлоги.

Результатом проведення натурних випробувань та порівняльного аналізу організаційно-технологічних рішень влаштування конструктивно-технологічних схем звукоізоляції підлоги, а також за вибраними критеріями та відповідно до бальної шкали дозволило вибрати найбільш раціональний і ефективний варіант «плаваючої» підлоги на основі матеріалів «Акуфлекс» і «Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine») – Тип 1, індекс наведеного рівня ударного шуму становить Lwn=50 дБ.

Влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги Тип 1 дозволяє знизити рівень початкового (залізобетонна плита без покриття) ударного шуму в приміщенні на 37,5%.

Ключові слова: звукоізоляція, ударний шум, «плаваюча» підлога, багатошарова система.

Постановка проблеми. Робота присвячена вирішенню важливої проблеми вибору раціональних технологічних рішень пристрою звукоізоляції міжповерхових перекриттів у монолітному житловому будівництві шляхом проведення порівняльного аналізу організаційно-технологічних показників у разі влаштування звукоізоляції перекриттів з використанням різних матеріалів і їх конструктивно-технологічних особливостей.

Аналіз останніх досліджень. Один з головних недоліків багатоповерхових будинків – шум. Як вуличний, так і від сусідів по будинку. Проникаючи в квартиру, він стає причиною подразнення, перешкодою сну або зосередженої роботи. Поширення шумів показане на рис. 1.

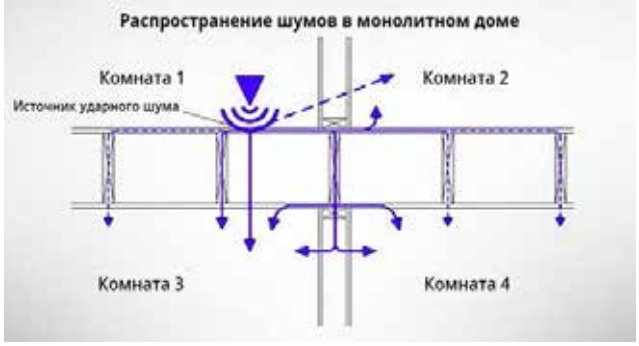


Рис. 1. Поширення шуму в монолітному будинку

Ні для кого не секрет, що якісна звукоізоляція приміщень відіграє важливу роль у нашому житті і необхідна для нашого комфортного самопочуття.

Розрізняють два основні види шуму: повітряний і структурний. Середовищем поширення першого служить повітря, другого – тверде тіло. До повітряного шуму належить, наприклад, розмова людей у сусідній кімнаті або телевізор, що працює. Структурний шум можуть викликати меблі, що пересуваються по підлозі, або стукіт молотка, належить до найбільш неприємного його виду – ударного, який можна почути, перебуваючи навіть на значній відстані від джерела (удари по батареї центрального опалення на першому поверсі будинку, напевно, почують мешканці на сьомому) [7, с. 324].

Якщо рівень ізоляції повітряного шуму міжповерхових перекриттів визначається перш за все масивністю і товщиною плити перекриття, то стосовно ізоляції ударного шуму проблема завжди вирішується за рахунок додаткових конструкцій [6, с. 161].

Найважливішим і найефективнішим способом збільшення ізоляції ударного шуму з точки зору будівельної акустики є влаштування конструкції «плаваючої» підлоги.

У загальному випадку плаваюча підлога являє собою масивну стяжку з бетону або цементно-піщаної суміші, покладену на міжповерхове перекриття поверх шару пружного матеріалу. Стяжка плаваючої підлоги не повинна мати ніяких жорстких зв'язків з огороджувальними конструкціями, тому її відділяють від бічних поверхонь стін і перегородок пружними прокладками (демпферною стрічкою) [4, с. 144]. Як матеріал ізоляційного шару, як правило, застосовуються плити з акустичної мінеральної вати на базальтовій або скловолокнистій основі або різні спінені полімерні рулонні матеріали [5, с. 151].

Звукоізоляція плаваючої підлоги залежить від масивності стяжки і пружних властивостей матеріалу прокладки і, як правило, становить ΔLn, w = 23–28 дБ. Здебільшого застосування високоефективних звукоізоляційних матеріалів дозволяє домогтися зниження ударного шуму на величину, що перевищує 40 дБ [1, с. 45; 2, с.164].

Мета роботи. Метою статті є вибір і обґрунтування конструктивно-технологічних рішень звукоізоляції перекриттів у монолітному житловому будівництві.

Для досягнення мети визначено такі завдання: дослідити вплив конструктиву підлоги на звукоізолюючі властивості; провести порівняння технології виробництва робіт; провести порівняльний аналіз організаційно-технологічних показників.

Для цього необхідно вибрати матеріали і конструктивно-технологічні схеми у їх пристрої, а також провести порівняльну оцінку.

Результати. Дослідження проводилися в натурних умовах у приміщеннях будівель, що споруджуються, в яких підлога влаштована без фінішної обробки з кількома різними конструктивно-технологічними рішеннями на основі таких матеріалів, як:

– «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм») – полегшена суха суміш для влаштування теплозвукоізоляційної стяжки, яка належить до класу легких бетонів. Суміш складається з цементу і заповнювача – інертних гранул спіненого полістиролу (Ш 4–6 мм), з високою теплоізоляційною потужністю, оброблених спеціальною присадкою, що сприяє отриманню однорідної суміші у разі роботи з насосами і рівномірному розподілу розчину;

– «Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine») – полегшена суха суміш для влаштування теплозвукоізоляційної стяжки, яка належить до класу легких бетонів. Суміш складається з цементу і заповнювача – інертних гранул спіненого полістиролу (Ш 2–4 мм), з високою теплоізоляційною потужністю, оброблених спеціальною присадкою, що сприяє отриманню однорідної суміші у разі роботи з насосами і рівномірному розподілу розчину;

– звукоізоляціонное компенсаційне покриття «Пінополістирольні гранули на пружному в'язкому» являє собою готову до застосування гранульовану суміш

(гранули III 6–8 мм) еластичного віброізолюючого матеріалу, яка після нанесення на поверхню перекриття виконує функцію звукоізолюючої прокладки між стяжкою і перекриттям у конструкції плаваючих підлог;

– рулонний матеріал «Акуфлекс», основу якого становлять спеціально оброблені поліефірні волокна, розроблені відповідно до актуальних вимог з акустики приміщень і служать для поглинання ударного шуму. Матеріал використовується як звукоізолююча підкладка в конструкціях плаваючих підлог, яка є шаром між стяжкою і фінішним покриттям підлоги (лінолеум, ламінат, паркет). Крім цього, Акуфлекс може служити пружним шаром під вирівнюваною стяжкою для додаткової ізоляції від ударного шуму;

– самовирівнююча стяжка “Ceresit CN-69” для підготовки поверхні підлоги під укладку покриттів (товщина шару 3–20 мм). Самовирівнююча суміш “Ceresit CN 69” призначена для вирівнювання бетонних основ та стяжок підлоги з цементно-піщаних розчинів, легкого бетону з подальшим укладанням таких покриттів, як лінолеум, ковролін, ламінат, керамічна плитка, плитка ПВХ, та інших покриттів у житлових, громадських, адміністративних та побутових приміщеннях з малою інтенсивністю дії вологи;

– еластичний закритопористий пінополіетилен зі зшитою молекулярною структурою “Izolon Base” представлений у широкому діапазоні товщин (0,8–50 мм) і щільності (від 25 до 20 кг/м^3), що володіє унікальним поєднанням фізичних і хімічних властивостей;

– шумоізоляційний шар на основі матеріалу “Gum Gum Spray” використовують для звукоізоляції від ударних шумів. Перемішування двох компонентів ізоляційного матеріалу, а саме гранул каучуку SBR з контрольованим розміром зерна і полімерного сполучного, відбувається безпосередньо на будівельному майданчику. Готова суміш наноситься на поверхню підстави напиленням товщиною до 5–7 мм. Особливістю такого напилення є те, що на поверхні створюється суцільний звукоізоляційний контур.

Таким чином, були влаштовані такі конструктивно-технологічні схеми звукоізоляційних підлог, а саме: Тип 1 – 56 мм – ц/п стяжка М 150, 4 мм – підкладка «Акуфлекс», 20 мм – «Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine»), 180 мм – ж/б плита.

Тип 2 – 60 мм – ц/п стяжка М 150, 20 мм – «Пінополістирольні гранули на жорсткому в’язкому», 180 мм – ж/б плита.

Тип 3 – 80 мм – ц/п стяжка М150, 4 мм – підкладка «Акуфлекс», 180 мм – ж/б плита.

Тип 4 – 40 мм – ц/п стяжка М 150, 4 мм – підкладка «Акуфлекс», 50 мм – «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»), 180 мм – ж/б плита.

Тип 5 – 50 мм – ц/п стяжка М 150, 4 мм – підкладка «Акуфлекс», 50 мм – «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»), 180 мм – ж/б плита.

Тип 6 – 50 мм – ц/п стяжка М 150, 8 мм – підкладка «Акуфлекс», 50 мм – «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»), 180 мм – ж/б плита.

Тип 7 – 60 мм – ц/п стяжка М 150, 4 мм – підкладка «Акуфлекс», 20 мм – самовирівнююча стяжка “Ceresit CN-69”, 180 мм – ж/б плита.

Тип 8 – 70 мм – ц/п стяжка М 150, 10 мм – підкладка “Izolon Base”, 180 мм – ж/б плита.

Тип 9 – 50 мм – ц/п стяжка М 150, 10 мм – шар “Gum Gum Spray”, 180 мм – ж/б плита.

Тип 10 – 50 мм – ц/п стяжка М 150, 50 мм – «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»), 10 мм – шар “Gum Gum Spray”, 180 мм – ж/б плита.

Технологія виконання робіт. Організаційно-технологічні процеси і пристрої конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги **Тип 1, Тип 4, Тип 5, Тип 6.**

1. Підготовчі роботи. Вирівнювання плити перекриття (заливка заглиблень і каверн, відбиття великих напливів бетону), а також закладення розчином кріплень фасадної плити до плити перекриття і закладення розчином геодезичних отворів у плиті перекриття.

Монтаж демпферної стрічки по периметру приміщень (рис. 2), прибирання поверхні від сміття, а також знепилювання поверхні.

Рис. 2. Монтаж демпферної стрічки

2. Влаштування матеріалу «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»)/«Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine»). Підготовчі роботи (заміс і подача матеріалу, підняття інструменту, інвентарю на поверх). Процес пристрою матеріалу показаний на рис. 3.

Рис. 3. Влаштування матеріалу «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»)/«Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine»)

3. Влаштування матеріалу «Акуфлекс».

3.1. Підготовчі роботи для влаштування матеріалу «Акуфлекс»:

А) Часткове забивання поверхні покриття в місцях утворення каверн і примикання труб опалення матеріалом «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»)/«Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine»), зачистка напливів по раніше виконаній поверхні.

Б) Очищення демпферної стрічки від забруднень матеріалом «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»)/«Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine»).

3.2. Укладання матеріалу «Акуфлекс». Проводиться шляхом приклеювання рулонів матеріалу один з одним армованим скотчем з нахлестом 5–10 см, а також приклеюванням рулону до демпферної стрічки. Процес укладання матеріалу «Акуфлекс» показаний на рис. 4.

Рис. 4. Влаштування матеріалу «Акуфлекс»

4. Влаштування цементно-піщаної стяжки (рис. 5).

Рис. 5. Влаштування ц/п стяжки по матеріалу «Акуфлекс»

Організаційно-технологічні процеси влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги **Тип 2.**

1. Підготовчі роботи. Вирівнювання плити перекриття (заливка заглиблень і каверн, відбиття великих напливів бетону), а також закладення розчином кріплень фасадної плити до плити перекриття і закладення розчином геодезичних отворів у плиті перекриття.

Монтаж демпферної стрічки по периметру приміщень (рис. 2), прибирання поверхні від сміття, а також знепилювання поверхні.

2. Влаштування матеріалу «Пінополістирольні гранули на жорсткому в'язкому» (рис. 6).

Організаційно-технологічні процеси влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги **Тип 3.**

1. Підготовчі роботи. Вирівнювання плити перекриття (заливка заглиблень і каверн, відбиття великих напливів бетону), а також

закладення розчином кріплень фасадної плити до плити перекриття і закладення розчином геодезичних отворів у плиті перекриття.

Монтаж демпферної стрічки по периметру приміщень (рис. 2), прибирання поверхні від сміття, а також знепилювання поверхні.

2. Укладання матеріалу «Акуфлекс». Проводиться шляхом приклеювання рулонів матеріалу один з одним армованим скотчем з нахлестом 5–10 см, а також приклеюванням рулону до демпферної стрічки. Процес укладання матеріалу «Акуфлекс» показаний на рис. 4.

Рис. 6. Процес влаштування матеріалу «Пінополістирольні гранули на жорсткому в'язкому»

3. Влаштування цементно-піщаної стяжки (рис. 7).

Рис. 7. Влаштування ц/п стяжки по матеріалу «Пінополістирольні гранули на жорсткому в'язкому»

3. Влаштування цементно-піщаної стяжки (рис. 5).

Організаційно-технологічні процеси влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги **Тип 7.**

1. Підготовчі роботи. Вирівнювання плити перекриття (заливка заглиблень і каверн, відбиття великих напливів бетону), а також закладення розчином кріплень фасадної плити до плити перекриття і закладення розчином геодезичних отворів у плиті перекриття.

Монтаж демпферної стрічки по периметру приміщень (рис. 2), прибирання поверхні від сміття, а також знепилювання поверхні.

2. Влаштування самовирівнюючої стяжки "Ceresit CN-69" (рис. 8).

Рис. 8. Процес влаштування самовирівнюючої стяжки "Ceresit CN-69"

3. Укладання матеріалу «Акуфлекс». Проводиться шляхом приклеювання рулонів матеріалу один з одним армованим скотчем з нахлестом 5–10 см, а також приклеюванням рулону до демпферної стрічки. Процес укладання матеріалу «Акуфлекс» показаний на рис. 4.

4. Влаштування цементно-піщаної стяжки (рис. 5).

Організаційно-технологічні процеси влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги **Тип 8.**

1. Підготовчі роботи. Вирівнювання плити перекриття (заливка заглиблень і каверн, відбиття великих напливів бетону), а також закладення розчином кріплень фасадної плити до плити перекриття і закладення розчином геодезичних отворів у плиті перекриття.

Монтаж демпферної стрічки по периметру приміщень (рис. 2), прибирання поверхні від сміття, а також знепилювання поверхні.

2. Укладання матеріалу "Izolon Base". Проводиться шляхом приклеювання рулонів матеріалу один з одним армованим скотчем з нахлестом 5–10 см, а також приклеюванням рулону до демпферної стрічки. Процес укладання матеріалу "Izolon Base" показаний на рис. 9.

3. Влаштування цементно-піщаної стяжки (рис. 5).

Організаційно-технологічні процеси влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги **Тип 9.**

1. Підготовчі роботи. Вирівнювання плити перекриття (заливка заглиблень і каверн,

відбиття великих напливів бетону), а також закладення розчином кріплень фасадної плити до плити перекриття і закладення розчином геодезичних отворів у плиті перекриття.

Монтаж демпферної стрічки по периметру приміщень (рис. 2), прибирання поверхні від сміття, а також знепилювання поверхні.

2. Пристрій матеріалу “Gum Gum Spray” виконується способом напилення (рис. 10).

Рис. 9. Укладка матеріалу “Izolon Base”

Рис. 10. Процес напилення матеріалу “Gum Gum Spray”

3. Влаштування цементно-піщаної стяжки (рис. 11).

Рис. 11. Влаштування ц/п стяжки по матеріалу “Gum Gum Spray”

Організаційно-технологічні процеси влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги **Тип 10.**

1. Підготовчі роботи. Вирівнювання плити перекриття (заливка заглиблень і каверн, відбиття великих напливів бетону), а також закладення розчином кріплень фасадної плити до плити перекриття і закладення розчином геодезичних отворів у плиті перекриття.

Монтаж демпферної стрічки по периметру приміщень (рис. 2), прибирання поверхні від сміття, а також знепилювання поверхні.

2. Пристрій матеріалу “Gum Gum Spray” виконується способом напилення (рис. 10).

3. Пристрій матеріалу «Ізолкап» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм»). Підготовчі роботи (заміс і подача матеріалу, підняття інструменту, інвентарю на поверх). Процес пристрою матеріалу показаний на рис. 3.

4. Влаштування цементно-піщаної стяжки (рис. 12).

Рис. 12. Влаштування ц/п стяжки п
о матеріалу «Ізолкап» (полістиролбетон
із заповнювачем «Політерм»)

Згідно з ДБН В.1.1-31: 2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму», міжповерхове перекриття повинне мати індекс приведеного рівня ударного шуму під перекриттям Lnw ≤ 55 дБ.

Вимірювання звукоізоляції приведеного ударного шуму складається з таких етапів: підготовка до випробувань приміщень; вимірювання рівня ударного шуму під перекриттям у разі створення на ньому ударних впливів; обробка результатів вимірювань.

Імітація ударного шуму проводилася за допомогою ударної машини УМ-10. Вимірювання шумів відбувалося за допомогою шумоміра Екофізіка-110А.

Дослідження проводилися в кілька етапів. На першому етапі було визначено показники індексу приведеного ударного шуму. При цьому необхідно зазначити, що найменшим індексом звукоізоляції від ударних шумів характеризується система підлоги на основі матеріалу «Акуфлекс», при цьому укладання матеріалу в два шари, а також товщина цементно-піщаної стяжки не впливає на індекс наведеного ударного шуму. Результати обробки результатів вимірювання, а саме індекс наведеного ударного шуму, показано в табл. 1.

На наступному етапі вибрані критерії порівняння вибраних інновацій методів звукоізоляції міжповерхових перекриттів. Проведена якісна і кількісна оцінка технологічних альтернатив (табл. 1).

Критерії вибору мають багаторівневий підхід, який передбачає вирішення численних завдань: технічних, технологічних, експлуатаційних, економічних і екологічних. Наступним етапом у методиці аналізу є отримання аналітичної залежності, що відображає ступінь впливу вагомості критеріїв на раціональний вибір технологічного рішення [3, с. 64].

Порівняння вибраних технологій пристрою звукоізоляції перекриттів по наведених критеріях здійснюється за допомогою діаграм. Натуральні значення критеріїв (табл. 1) переводяться в бали від 1 до 5, де гіршим і кращим значенням присвоєні бали 1 і 5 відповідно. Решта балів підраховані за допомогою інтерполяції. Технології, критерії та присвоєні їм бали представлені в табл. 2.

Таблиця 1. Якісна і кількісна оцінка технологічних альтернатив

№	Критерій оцінки Констр.-техн. схема	Трудоємкість робіт, л-зм	Необхідна кваліфікація робочих сер. розряд	Горючість матеріалу	Індекс приведеного ударного шуму, дБ
1.	Тип 1	148	4,0	Самозатухаючий	50
2.	Тип 2	195	4,5	Самозатухаючий	59
3.	Тип 3	135	3,8	Самозатухаючий	60
4.	Тип 4	152	4,0	Самозатухаючий	53
5.	Тип 5	156	4,0	Самозатухаючий	54
6.	Тип 6	161	4,0	Самозатухаючий	54
7.	Тип 7	189	4,7	Самозатухаючий	54
8.	Тип 8	159	3,8	Самозатухаючий	57
9.	Тип 9	202	4,7	НГ	59
10.	Тип 10	232	4,7	НГ	57

Таблиця 2. Технології, критерії та присвоєні їм бали

№	Критерій оцінки Констр.-техн. схема	Трудоємкість робіт, л-зм	Необхідна кваліфікація робочих сер. розряд	Горючість матеріалу	Індекс приведеного ударного шуму, дБ
1.	Тип 1	4,8	4,5	4	5
2.	Тип 2	3,6	4	4	4
3.	Тип 3	5	5	4	3,9
4.	Тип 4	4,6	4,5	4	4,7
5.	Тип 5	4,4	4,5	4	4,6
6.	Тип 6	4,0	4,5	4	4,6
7.	Тип 7	3,8	3,8	4	4,6
8.	Тип 8	4,2	5	4	4,2
9.	Тип 9	3,5	3,8	4	4
10.	Тип 10	3,3	3,8	5	4,2

Рис. 13. Діаграма отриманих балів

Усі отримані бали показуємо у вигляді діаграм (рис. 13).

Висновки. Залізобетонна плита товщиною 180 мм без покриття має індекс приведеного рівня ударного шуму близько Lwn=80 дБ, порівняльний аналіз організаційно-технологічних рішень влаштування конструктивно-технологічних схем звукоізоляції підлоги, а також за вибраними критеріями та відповідно до бальної шкали дозволило вибрати найбільш раціональний і ефективний варіант «плаваючої» підлоги – на основі матеріалів «Акуфлекс» і «Ізолкап Fine» (полістиролбетон із заповнювачем «Політерм Fine») – Тип 1, індекс наведеного рівня ударного шуму становить Lwn=50 дБ.

Влаштування конструктивно-технологічної схеми звукоізоляції підлоги Тип 1 дозволяє знизити рівень початкового (залізобетонна плита без покриття) ударного шуму в приміщенні на 37,5%.

Література

1. Салтыков И.П. Теоретические аспекты суммарного влияния воздушного и ударного шума на звукоизоляцию междуэтажных перекрытий жилых зданий. *Вестник МГСУ*, 2012. № 10. С. 45–50.
2. Дідковський В.С. Оцінка ізоляції повітряного шуму огороджувальних конструкцій в розширеному діапазоні частот / В.С. Дідковський, В.П. Заєць, Н.О. Самійленко. *Электроника и связь*. 2011. № 1(60). С. 164–168.
3. Бабий И.Н. Использование новых энергосберегающих технологий в проектируемой бизнес-гостинице «Аэропорт» / И.Н. Бабий, О.Ю. Багмет, Р.А. Яковенко. *Міжвідомчий науково-технічний збірник (технічні науки) «Будівельне виробництво»*. НДІБВ, Київ, 2017. Вип. № 62/1. С. 64–70.
4. Целлер В. Техника борьбы с шумом. / пер. с франц. И.Ю. Эрдели; Под ред. С.П. Алексеева. Москва : Госстройиздат, 1958 г., 410 с.
5. Сенан А.М. К оценке звукоизоляции междуэтажных перекрытий. *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества*. Спецвыпуск. 2006. С. 151–153.
6. Звукоизоляция и звукопоглощение. / Л.Г. Осипов, В.Н. Бобылев, Л.А. Борисов и др.; Под ред. Г.Л. Осипова, В.Н. Бобылева. Москва : Изд-во Астрель, 2004. 450 с.
7. Иванова Н.В. Социальная эффективность акустической комфортности жилья. *«Вісник ХХПІ»*. Вип. 1. 3 с. Харків : МОУ, ХХПІ. 1999. С. 324–326.

References

1. Saltykov I.P. Teoreticheskiye aspekty summarnogo vozdeystviya vozdushnogo i udarnogo shuma na zvukoizolyatsiyu mezhduetazhnykh perekrytiy zhilykh zdaniy. Vestnik MGSU, 2012. No. 10. S. 45–50.
2. Dнdkovs'kiy V.S. Otsнnka нzolyatsнyi povнtryanogo shumu ogorodzhuval'nikh konstruktsну v rozshirenomu dнapazonн chastot / V.S. Dнdkovs'kiy, V.P. Zaкts', N.O. Samнylenko. Elektronika i svyaz'. 2011. No. 1 (60). S. 164–168.
3. Babiy I.N. Ispol'zovaniye novykh energosberegayushchikh tekhnologiy v proyektiruyemoy biznes-gostinitse "Aeroport" / Babiy I.N., Bagmet O.Yu., Yakovenko R.A. Mнzhvнdomchiy naukovo-tekhnнchniy zbнrnik (tekhnнchnн nauki) "Budнvel'ne virobnitstvo". NDHBV, Kyiv, 2017. Vip. No. 62 /1. S. 64–70.
4. Tseller V. Tekhnika bor'by s shumom. / per. s frants. I.YU. Erdeli; Pod red. S.P. Alekseyeva. Moskva: Gosstroyizdat, 1958, 410 s.
5. Senan A.M. K otsenke zvukoizolyatsii mezhduetazhnykh perekrytiy. Ekologicheskiy vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva. Spetsvypusk. 2006. S. 151–153.
6. Zvukoizolyatsiya i zvukopogloshcheniye. / L.G. Osipov, V.N. Bobylev, L.A. Borisov i dr.; Pod red. G.L. Osipova, V.N. Bobyleva. Moskva: Izd-vo Astrel', 2004.450 s.
7. Ivanova N.V. Sotsial'naya effektivnost' akusticheskoy komfortnosti zhil'ya. "Vнsnik KHKHPH". Vip. 1. 3 s. Kharkнv: MOU, KHKHPH. 1999. S. 324–326.

RATIONAL CHOICE OF CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF SOUND INSULATION OF THE FLOOR IN A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING

Abstract. *One of the main disadvantages of monolithic reinforced concrete high-rise buildings – noise. Penetrating into the apartment, it causes irritation, sleep disturbance or focused work. It is no secret that high-quality sound insulation plays an important role in our lives and is necessary for our comfort.*

This article is devoted to solving an important issue of sound insulation of floors in monolithic reinforced concrete multi-storey residential buildings, namely from impact noise. The article considers the structural and technological schemes of floor sound insulation of ten types, using different materials and their combinations to achieve regulatory requirements for sound insulation from impact noise.

When choosing the most rational design and technological scheme used the results of comparative analysis of organizational and technological indicators in the installation of sound insulation of the floor, as well as indicators of reduced impact noise, obtained as a result of field tests.

Field tests were conducted in the houses under construction. The technology of execution of each type of a floor, and in the future and comfort of inhabitants of the apartment will depend on the chosen constructive-technological scheme. Comparison of constructive-technological schemes in the future will allow to investigate and develop the modern and highly effective constructive-technological scheme of a design of sound insulation of a floor.

The result of field tests and comparative analysis of organizational and technological solutions of structural and technological schemes of sound insulation of the floor, as well as the selected criteria and according to the scale, allowed to choose the most rational and effective version of the "floating" floor- based on "Akuflex" and "Izolkap Fine" (polystyrene concrete with filler "Polyterm Fine") – Type 1, the index of the induced level of impact noise is Lwn = 50 dB. The device of the constructive-technological scheme of sound insulation of a floor Type 1 allows to reduce the level of initial (reinforced concrete plate without covering) shock noise indoors by 37,5%.

Key words: sound insulation, impact noise, "floating" floor, multilayer system.

Babii I.N.
Ph.D., Associate Professor at the Department of Technology of Building Production,
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa
Kalchenia Ye.Yu.
Postgraduate Student at the Department of Technology of Building Production,
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

УДК 69
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.2

Григоровський П.Є.
д.т.н., с.н.с.,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Крошка Ю.В.
завідувач відділу,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Басанський В.О.
завідувач сектору,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Осадча І.В.
м.н.с.,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Лялько В.В.
інженер,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВЛІ, ПРИЛЕГЛОЇ ДО ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА ТУНЕЛІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ, В ПЕРІОД ВИКОНАННЯ ПІДГОТОВЧИХ РОБІТ

Анотація. *У статті розглянуто результати розрахунку впливу будівництва тунелів метрополітену на оточуючу забудову та результати інженерно-геодезичного моніторингу будівлі в зоні впливу. Інструментальний моніторинг будівель у зоні впливу будівництва тунелів метрополітену дозволяє відслідковувати появу та динаміку розвитку деформаційних процесів будівлі, порівнюючи отримані значення параметрів, що відстежуються, з розрахунковими та нормативними значеннями задля недопущення зниження експлуатаційної придатності будівлі. За результатами розрахунку впливу, для будівлі, що досліджується, визначено значення додаткових деформацій фундаменту, які є граничними, тобто близькими до нормативних значень додаткових деформацій основи. Наведено результати виконання інженерно-геодезичного моніторингу на етапі підготовчих робіт щодо будівлі, для якої розрахункові значення додаткових деформацій близькі до нормативних. Зафіксовано появу рівномірних осідань основи будівлі до початку виконання будівельно-монтажних робіт з прокладання тунелю метрополітену. Визначено, що поява непрогнозованих осідань до початку виконання основних будівельно-монтажних робіт або на етапі підготовчих робіт на ділянці будівництва здатна спровокувати перевищення нормативних значень додаткових осідань основи, що, у свою чергу, призведе до збільшення собівартості та трудовитрат під час реалізації заходів щодо недопущення пошкодження будівлі та зниження її експлуатаційної придатності. Проаналізовано ймовірні фактори, які спровокували розвиток деформацій для будівлі, що досліджується, і які не були враховані під час виконання розрахунку впливу нового будівництва на оточуючу забудову. Визначено наявність синергетичного ефекту підсилення деформацій, викликаних впливом нового будівництва, деформаціями природнього характеру, зміна яких є динамічною. Складено алгоритм виконання інженерно-геодезичного моніторингу будівель, для яких розрахункові значення додаткових деформацій близькі до нормативних, що дозволяє визначити власні осідання будівлі в зоні впливу нового будівництва та врахувати отримані значення і динаміку зміни осідань під час виконанні подальших розрахунків впливу.*

Ключові слова: інженерно-геодезичний моніторинг, розрахунок впливу на оточуючу забудову, деформації, граничні значення додаткових осідань.

Постановка проблеми. Несвоєчасно виявлені процеси деформацій будівлі призводять до виникнення дефектів конструкцій та зниження експлуатаційної придатності наявної будівлі, що збільшує трудовитрати як експлуатаційних (для наявної будівлі) та будівельних (нове будівництво), так і інженерно-геодезичних робіт (виконання моніторингу). Важливою є правильна та своєчасна оцінка стану будівель ущільненої прилеглої забудови, що дозволяє розробити компенсаційні заходи щодо недопущення розвитку понаднормових деформацій та пошкодження будівлі.

Інструментальний моніторинг на етапі експлуатації будівлі та інженерно-геодезичні спостереження в період підготовчих робіт на ділянці будівництва дозволяють виявити фактори впливу на розвиток деформацій будівель прилеглої забудови до початку виконання основних будівельно-монтажних робіт, що може бути враховано при подальшому виконанні розрахунків. Це особливо важливо для будівель, для яких розрахункові значення додаткових деформацій близькі до нормативних, оскільки потенційно існує ризик перевищення нормативних значень додаткових деформацій через не врахування факторів, що спричинювали власні деформації будівлі до початку робіт на ділянці будівництва.

Мета роботи. Визначення можливих факторів впливу на розвиток деформацій будівлі в період підготовчих робіт на ділянці будівництва на підставі аналізу результатів розрахунку впливу будівництва тунелів метрополітену на оточуючу забудову та результатів інженерно-геодезичного моніторингу для будівлі, розрахункові значення додаткових деформацій якої близькі до нормативних.

Виклад основного матеріалу. У зв'язку з будівництвом ділянки лінії метрополітену у м. Києві в умовах наявної щільної забудови житлових масивів важливою є оцінка впливу природних, техногенних, антропогенних та інших факторів на прилеглу забудову в період прокладання тунелів метрополітену. Умови ущільненої забудови створюють можливості для розвитку негативних впливів на будівлю, пов'язаних із порушенням структури та переміщень ґрунту в активній зоні основ та зміною сталих гідрогеологічних умов на території забудови. Своєчасне виявлення дефектів, ступеню впливу негативних факторів, попередження та надання рекомендацій щодо необхідності та термінів усунення негативних процесів є важливим не лише під час виконання будівельних робіт, а і в період підготовки будівництва, оскільки є допоміжним критерієм оцінки правильності прийнятих проектних та управлінських рішень.

Для дослідження використовуються результати розрахунку впливу будівництва тунелів метрополітену та результати геодезичного інструментального моніторингу житлового дев'ятиповерхового будинку, з підвалом та технічним поверхом, на відстані близько 3 метрів від якого буде проходити майбутній тунель лінії метрополітену.

Будівлю, що досліджується, зведено у 1987 році. У плані будинок прямокутної конфігурації з габаритними розмірами 12.6 х 43.0 м. Будинок цегляний з несучими поздовжніми та поперечними стінами. Фундамент будинку стрічковий, виконаний з блоків ФБС по збірній залізобетонній плиті шириною 1.6 м. Плити перекриття круглопустотні збірні залізобетонні. Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 технічний стан конструкцій будівлі на момент виконання обстежень відповідав категорії «2» – задовільний.

У програмно-розрахунковому комплексі «PLAXIS 2D» виконано розрахунок системи «котлован – ґрунт – оточуюча забудова» по II групі граничних станів методом кінцевих елементів. Розрахунок виконувався згідно з вимогами ДБН В.2.1-10-2018, окремими положеннями чинних нормативних документів та положень теорії механіки ґрунтів.

У розрахунковій моделі (рисунок 1) враховувалися такі фактори:

– фактичне розташування ґрунтів основи за даними інженерно-геологічних вишукувань;

– геометричне розташування фундаментів наявної 9-ти поверхової будівлі;

– геометричне розташування конструкцій огородження котловану тунелів метрополітену та влаштування протифільтраційної діафрагми;

– тимчасове навантаження на борту котловану;

– урахування всіх постійних і тимчасових характеристичних навантажень на етапі експлуатації наявної будівлі;

– стадійність виконання робіт.

Виконано розрахунок, в якому отримані значення деформацій ґрунтового масиву, фундаментів наявного будинку та конструкцій огородження котловану тунелів лінії метрополітену (рисунок 2).

Згідно з проведеними розрахунками впливу додаткові деформації фундаменту будівлі, що досліджується, при влаштуванні котлована тунелів лінії метрополітену не перевищують 14.мм, що менше допустимого значення відповідно до ДБН В.2.1-10:2018 таблиця Б.1., згідно з якою граничні деформації основи багатоповерхових безкаркасних будинків із несучими стінами з цегляної кладки без армування, технічного стану «2», а саме граничні максимальні додаткові осідання – становлять 15 мм, відносна різниця осідань – становить 0.0010.

До початку виконання будівельних робіт із прокладання тунелю метрополітену виконано 26 циклів інженерно-геодезичних спостережень за деформаціями будівлі, що досліджується. У цокольній частині будівлі встановлено 8 деформаційних марок, методом геометричного нівелювання II класу визначено позначки деформаційних марок та значення їх зміни між циклами спостережень. За період спостережень липень 2020 року – травень 2021 року встановлено наявність рівномірного осідання будівлі (рисунок 3). Середнє значення осідання становить -4.0 мм, відносна різниця осідань становить 0.00005, що не перевищує нормативне значення.

Таким чином, наявність осідань до початку виконання робіт з будівництва тунелів метро-

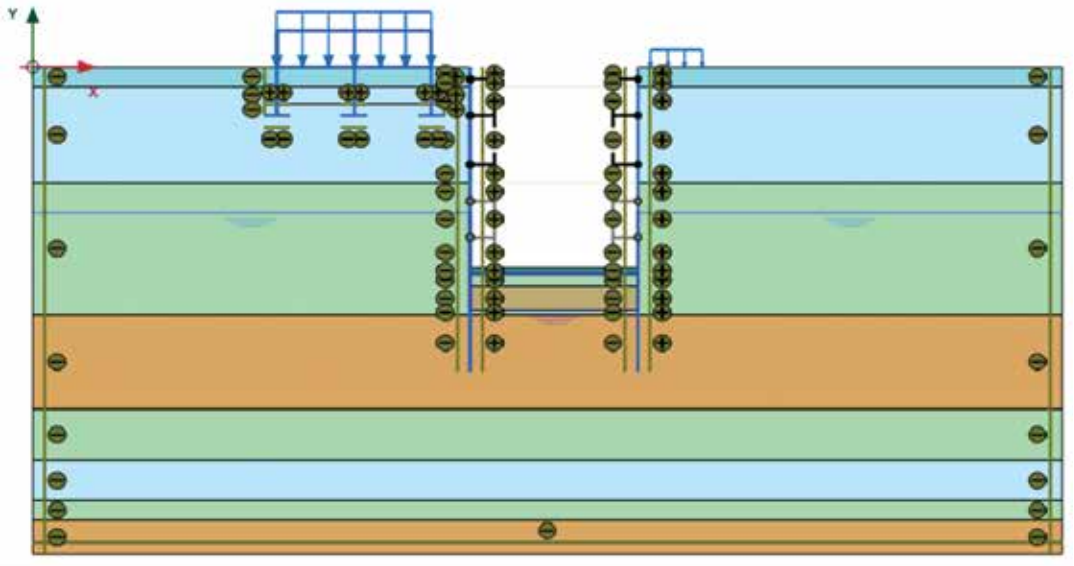


Рис. 1. Розрахункова модель перерізу

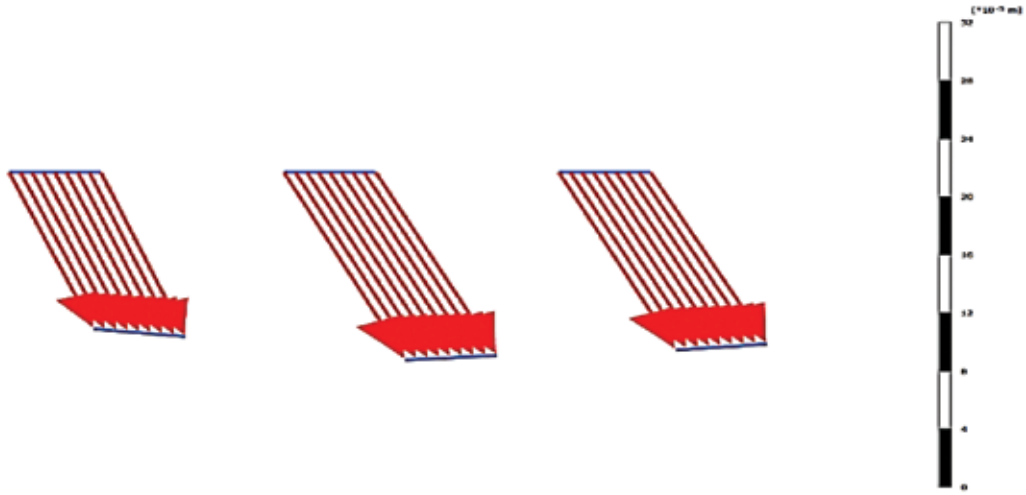


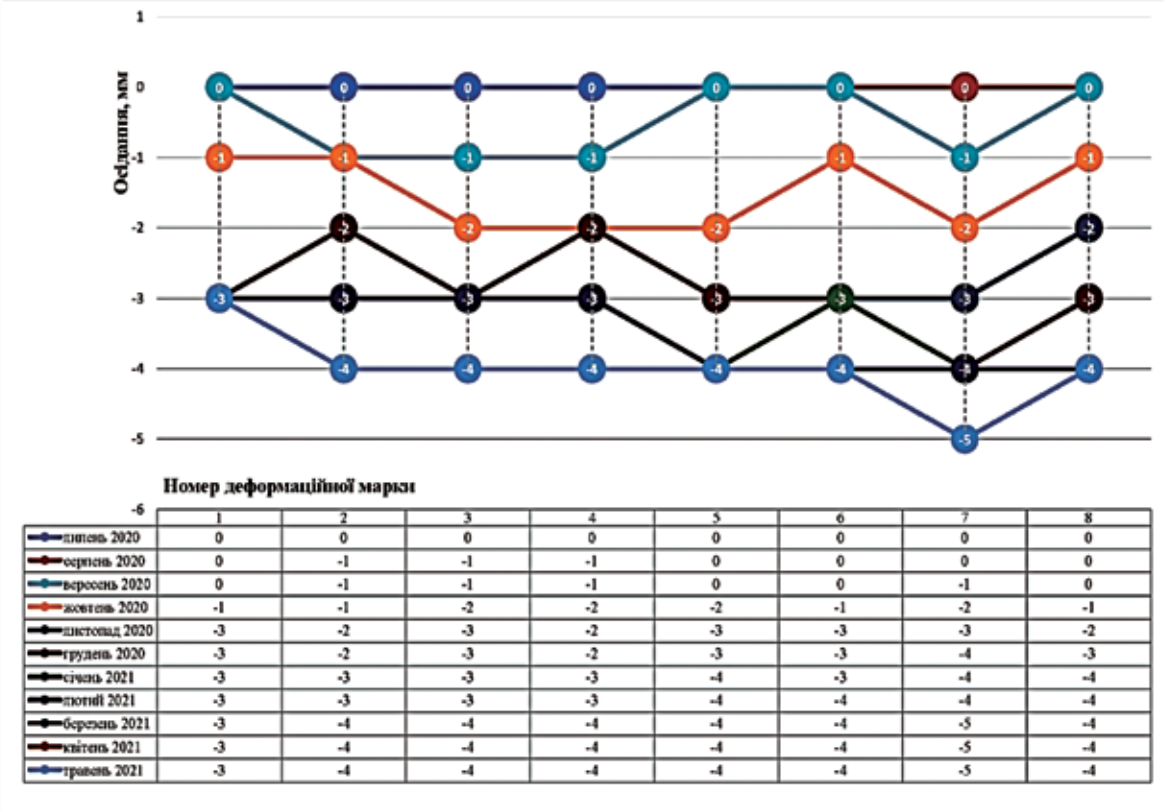
Рис. 2. Результати розрахунку: а – епюра загальних деформацій підошви стрічкового фундаменту будівлі (II група гр. станів) – максимальні деформації 14,0 мм

політену (4.0 мм), граничне значення розрахункових додаткових деформацій фундаменту будівлі в період влаштування тунелів лінії метрополітену (14.0 мм), а також можлива наявність непрогнозованих майбутніх технологічних деформацій потенційно можуть спровокувати перевищення нормативного значення додаткових осідань для будівлі, що досліджується.

Аналізуючи дані розрахунку впливу нового будівництва та дані інженерно-геодезичних спостережень, можна зробити висновок про таке:

1)розрахунками підтверджено наявність впливу будівництва тунелів метрополітену на наявну забудову. Як правило, під час виконання розрахунків вихідними даними, що характеризують природні фактори впливу, є статичні (незмінні) дані, наприклад, вологість, рівень залягання ґрунтових вод та ін. Водночас залишаються неврахованими природні фактори, що носять динамічний характер, – температура, середньомісячна кількість опадів;

2)в процесі будівництва методами інженерно-геодезичних спостережень встановлено сукупні деформації будівлі, що залежать



	1	2	3	4	5	6	7	8
липень 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
серпень 2020	0	-1	-1	-1	0	0	0	0
вересень 2020	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0
жовтень 2020	-1	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-1
листопад 2020	-3	-2	-3	-2	-3	-3	-3	-2
грудень 2020	-3	-2	-3	-2	-3	-3	-4	-3
січень 2021	-3	-3	-3	-3	-4	-3	-4	-4
лютий 2021	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4
березень 2021	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-4
квітень 2021	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-4
травень 2021	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-4

Рис. 3. Графік осідання деформаційних марок будівлі, що досліджується

як від власних осідань будівлі під впливом природних чинників, так і за рахунок впливу нового будівництва на наявну будівлю (початок підготовчих робіт на ділянці).

У результаті маємо синергетичний ефект – підсилення деформацій від впливу будівництва деформаціями, викликаними природними чинниками. Таку сукупність впливу важко передбачити під час виконання розрахунків, тому результати розрахунків доцільно корегувати на основі геодезичних інструментальних спостережень з урахуванням чинників як природнього, так і техногенного характеру.

Ураховуючи ґрунтові умови ділянки згідно інженерно-геологічних вишукувань, а саме рівень залягання ґрунтових вод – 11.6 м від відмітки поверхні землі, супісок та піщані водонасичені ґрунти, можна допустити наявність сезонних коливань осідань будівлі, які спровокували появу деформації до початку будівництва.

Активна динаміка осідань відбулася протягом вересня-грудня 2020 року (рисунки 4, 5), що потенційно може бути пов'язано із сезонною зміною гідрологічних умов ділянки. Використовуючи дані відхилень Δn від норми місячної кількісті опадів N (згідно даних Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського), застосовуємо фактор наявності понаднормової кількості опадів F (таблиці 1, 2).

$$\Delta n = N - k_o,$$

де N – норма місячної кількості опадів, мм;
k_o – значення місячної кількості опадів, мм.

При $\Delta n < 0$ фактор наявності понаднормової кількості опадів $F = 0$, при $\Delta n > 0$ фактор наявності понаднормової кількості опадів $F = 1$.

Для визначення впливу зміни місячної кількості опадів на зміну осідань застосовуємо фактор наявності приросту осідання О, що розраховується як:

$$\Delta o = o_{n+1} - o_n,$$

де o_n – значення осідання за місяць спостереження, мм;
o_{n+1} – значення осідання за наступний місяць спостереження, мм.

При $\Delta o < 0$ фактор наявності приросту осідання $O = 0$, при $\Delta o > 0$ фактор наявності приросту осідання $O = 1$.

Будуємо графік залежності фактору наявності приросту осідання та фактору наявності кількості опадів, що перевищують норму (рисунок 6). Відповідно, активна динаміка осідань може бути пов'язана зі зміною місячної кількості опадів та водонасиченням піщаних ґрунтів, які впливають на стійкість фундаменту будівлі. Проведені дослідження підтверджують цю гіпотезу, але недостатній обсяг спостережень в міжсезонні періоди потребує їх продовження для визначення математичної

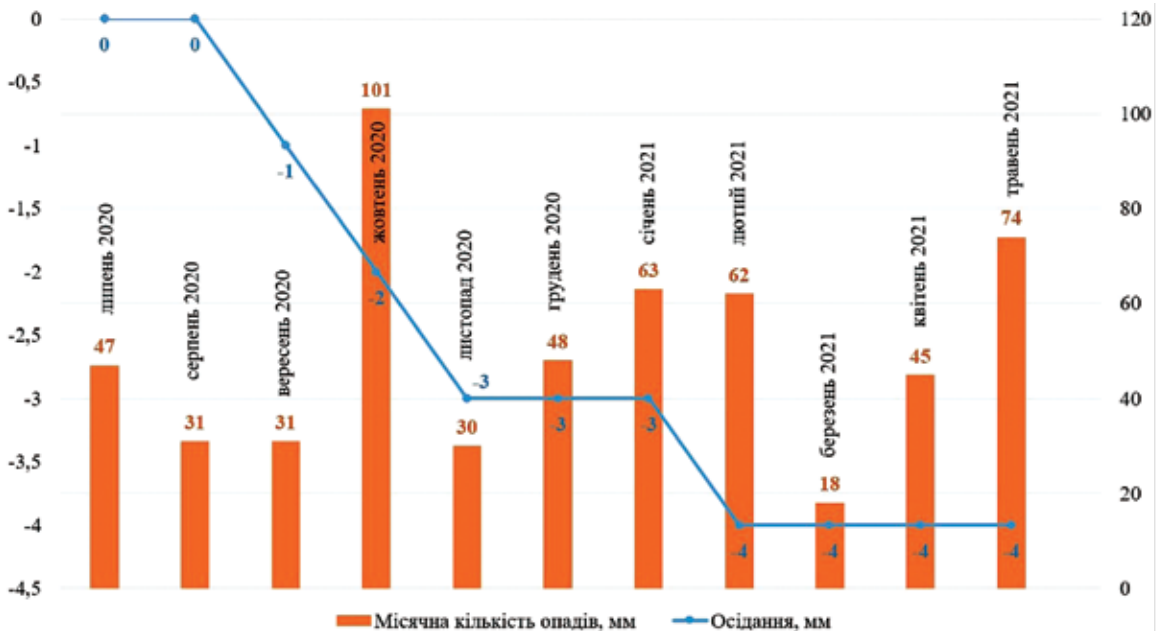


Рис. 4. Графік зміни середнього значення осідання деформаційних марок та місячної кількості опадів

залежності зміни осідань будівлі від сезонних метеорологічних та гідрогеологічних умов.

Додатковим чинником здатним спровокувати осідання будівлі в даному випадку може бути початок виконання підготовчих робіт на ділянці будівництва, а саме: перенесення комунікацій, переміщення важких механізмів і обладнання, вібрації руху транспорту. Відповідно, для визначення впливу техногенних факторів на процеси деформації будівлі необхідно виконувати корегування тривалості циклу інженерно-геодезичних спостережень у період активного виконання підготовчих робіт, а також бажано мати дані інструментального моніторингу будівлі на етапі експлуатації (до початку виконання підготовчих робіт) для прогнозування можливого розвитку деформацій.

Таблиця 1. Порівняння зміни осідань будівлі та відхилень від норми місячної кількості опадів

Місяць	Липень 2020	Серпень 2020	Вересень 2020	Жовтень 2020	Листопад 2020	Грудень 2020	Січень 2021	Лютий 2021	Березень 2021	Квітень 2021	Травень 2021
Осідання, мм	0	0	-1	-2	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4
Відхилення місячної кількості опадів від норми	-41	-38	-16	66	-21	-4	26	23	-23	3	9

Таблиця 2. Порівняння фактору наявності приросту осідання будівлі та фактору наявності кількості опадів, що перевищують норму

Місяць	Липень 2020	Серпень 2020	Вересень 2020	Жовтень 2020	Листопад 2020	Грудень 2020	Січень 2021	Лютий 2021	Березень 2021	Квітень 2021	Травень 2021
Фактор наявності приросту осідання, O	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Фактор наявності кількості опадів, що перевищувала норму, F	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1

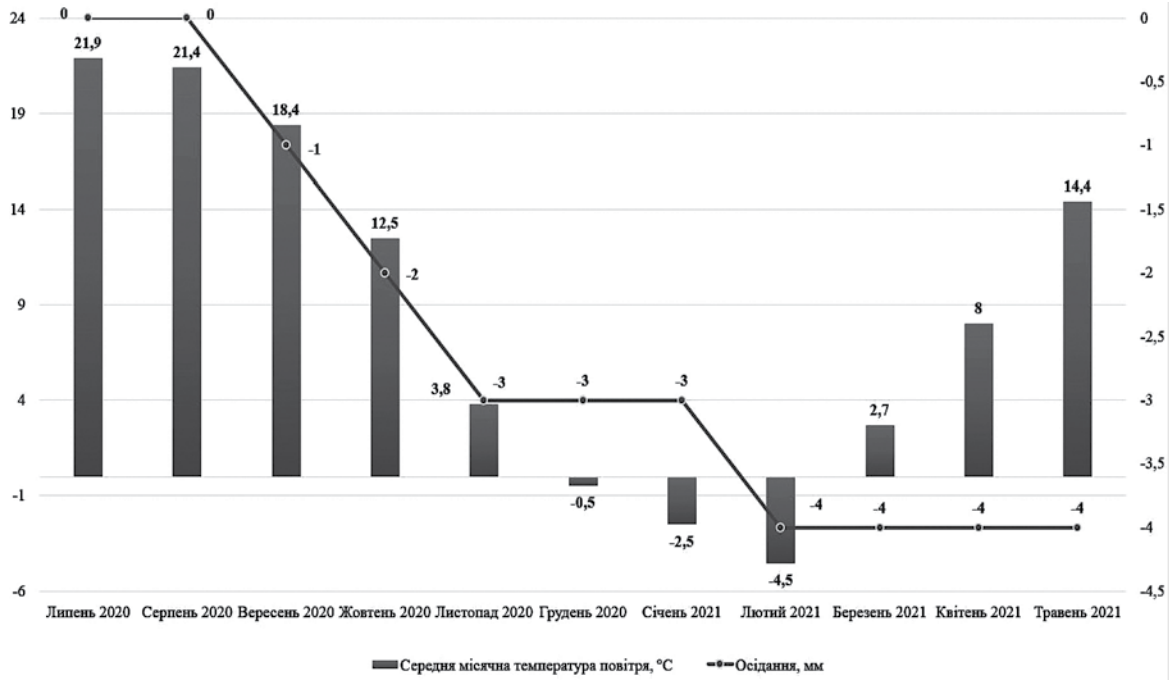


Рис. 5. Графік зміни середнього значення осідання деформаційних марок та середньої місячної температури повітря

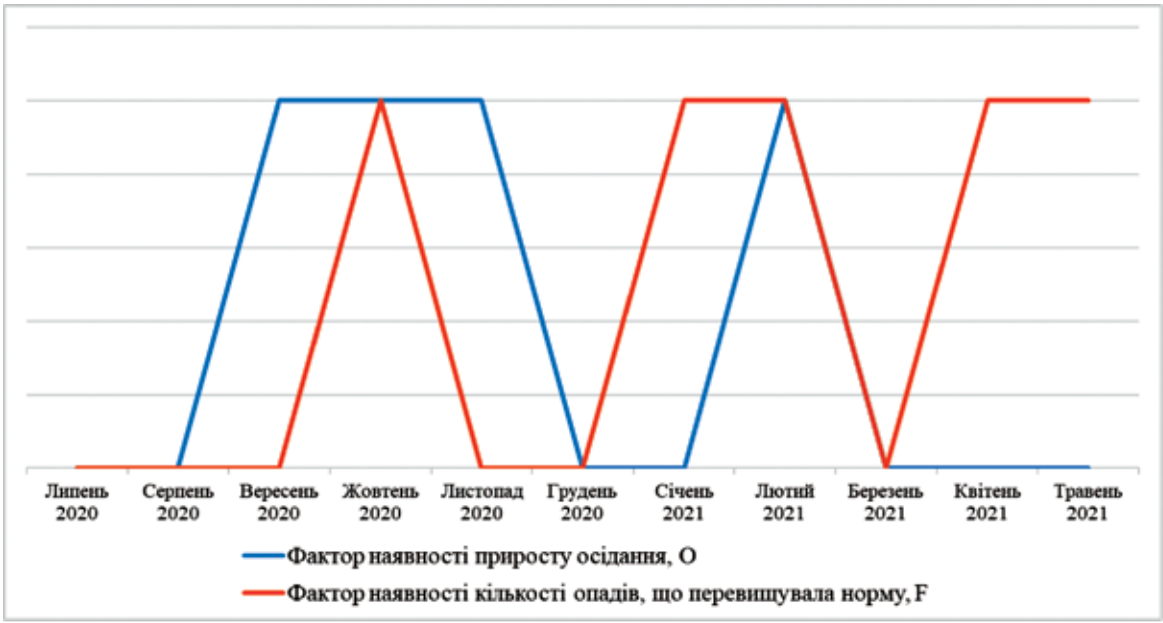


Рис. 6. Графік залежності факторів наявності приросту осідань будівлі та наявності понаднормової кількості опадів

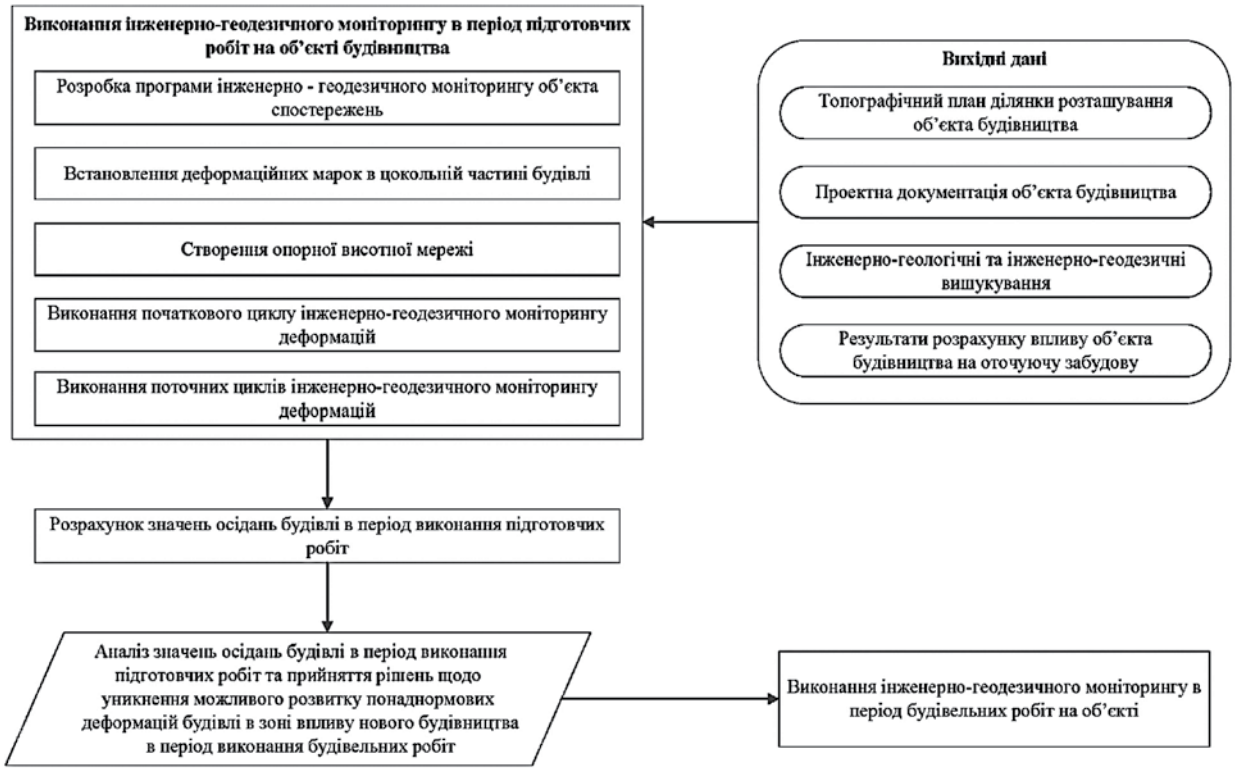


Рис. 7. Алгоритм інженерно-геодезичного моніторингу будівлі, що знаходиться в зоні впливу нового будівництва

Зафіксована наявність осідання будівлі, прилеглої до ділянки будівництва тунелів метрополітену, свідчить про необхідність виконання інженерно-геодезичного моніторингу прилеглих будівель, для яких розрахункові значення додаткових деформацій близькі до нормативних не тільки на етапі зведення споруди, а й на етапі виконання підготовчих робіт (рисунок 7). Для загального аналізу розвитку деформацій будівлі в зоні впливу

нового будівництва важливою є наявність виконавчої документації фактичного положення конструкцій та даних інструментального моніторингу будівлі в період її експлуатації.

Отримані значення осідання мають бути враховані в подальших розрахунках впливу будівництва тунелів метрополітену на оточуючу забудову. Під час зміни динаміки деформаційних процесів та появи нерівномірності осідань частота виконання інженерно-геодезичного моніторингу має бути збільшена. Для визначення факторів впливу на деформаційні процеси на етапі підготовчих робіт інженерно-геодезичні вимірювання мають бути ув'язані із загальним графіком виконання підготовчих робіт на ділянці будівництва.

Значення осідання будівлі в період виконання підготовчих робіт, їх аналіз та визначення динаміки розвитку деформаційних процесів із прив'язкою до етапів підготовчих робіт на будівельному майданчику є важливим параметром, що впливає на прийняття рішень стосовно виконання запобіжних заходів щодо недопущення розвитку понаднормових додаткових деформацій та завчасного здійснення заходів щодо забезпечення підвищення конструктивної жорсткості будівлі.

Висновки. Для правильної і своєчасної оцінки стану будівель, прилеглих до ділянок будівництва тунелів лінії метрополітену в умовах ущільненої забудови, точного прогнозу можливого розвитку деформацій, а також розробки ефективних компенсаційних заходів щодо недопущення дефектів та пошкоджень будівлі важливою є наявність даних щодо інструментального геодезичного контролю будівельно-монтажних робіт на етапі зведення будівлі, що відображена у виконавчій документації та даних інженерно-геодезичного моніторингу будівлі на етапі експлуатації.

Щодо будівель у зоні впливу нового будівництва, для яких розрахункові значення додаткових деформацій близькі до нормативних, то важливим є здійснення інженерно-геодезичного моніторингу на етапі підготовчих робіт ділянки будівництва, що дозволить визначити наявність сезонних коливань осідань та появи осідань, спровокованих техногенним впливом початку виконання підготовчих робіт.

Для будівлі, що досліджується, активна динаміка осідань у вересні-грудні 2020 року, до початку виконання будівельних робіт на об'єкті будівництва, може бути викликана зміною гідрологічних умов ділянки внаслідок понаднормової кількості опадів та сезонною зміною температурного режиму. Для визначення залежності динаміки осідань будівлі від зміни кліматичних характеристик ділянки необхідні дані довготривалих інженерно-геодезичних спостережень будівлі. Зафіксована кореляція понаднормової кількості опадів та приросту осідань через обмежену кількість циклів інженерно-геодезичного моніторингу є недостатньою для визначення системних зв'язків сезонної зміни осідань будівлі і потребує продовження спостережень.

Відповідно, за наявності попередніх даних під час виконання підготовчих робіт на ділянці зведення тунелів метрополітену зміна динаміки осідань будівлі може бути проаналізована в повному обсязі та визначені нові фактори впливу, що провокують деформації будівлі. Отримані результати можуть бути враховані під час виконання розрахунку впливу будівництва тунелів метрополітену на оточуючу забудову та визначення граничних значень додаткових деформацій.

Література

1. Коваленко Л.О. Геодезичні спостереження за деформаціями будівель та споруд. Н*ауковий вісник будівництва*. 2017. Т. 89. № 3. С. 185–188.
2. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. 2018. 36 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. 2017. 43с.
4. Максименко В.П., Мурасьова О.В., Крошка Ю.В. Оцінка впливу нового будівництва на навколишню забудову засобами BIM і результатами натурних спостережень: наук.-техн. зб. Будівельне виробництво. Київ : Вид-во «Мастер книг», 2019. № 65. С. 84–92.
5. Григоровський П.Є., Мурасьова О.В. Розробка інформаційної моделі впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови : наук.техн. зб. *Будівельне виробництво*. 2020. № 69. С. 16–21.
6. Чуканова Н.П. Удосконалення організаційно-технологічних рішень моніторингу технічного стану старої забудови : дис. канд. техн. наук : 05.23.08. Харків, 2020.

References

1. Kovalenko L.O. Geodetic observations of deformations of buildings and structures / L.O. Kovalenko // Scientific Bulletin of Construction. – 2017. – Vol. 89, № 3. – P. 185-188.
2. DBN B.2.1-10: 2018 Foundations and foundations of buildings and structures. Substantive provisions. 2018. – 36 p.
3. DSTU-N B B.1.2-18: 2016 Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition. 2017. – 43 p.
4. Maksimenko V.P., Murasyova O.V., Kroshka Y.V. Assessment of the impact of new construction on the surrounding buildings by means of BIM and the results of field observations: scientific and technical collection Construction production. Kyiv: Master of Books Publishing House – 2019 – № 65. – P. 84-92.
5. Grigorovsky P.E., Murasyova O.V. Development of an information model of the impact of new construction on the operational suitability of buildings of adjacent buildings: scientific and technical collection Construction production. – 2020. – № 69. – P. 16–21.
6. Chukanova N.P. Improving organizational and technological solutions for monitoring the technical condition of old buildings: dis. Candidate of Technical Sciences: 05.23.08 Kharkiv: 2020.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF INSTRUMENTAL MONITORING OF THE BUILDING ADJACENT TO THE CONSTRUCTION SITE OF THE SUBWAY TUNNELS DURING THE PREPARATORY WORKS

Abstract. *The article considers the results of calculating the impact of the construction of subway tunnels on the surrounding buildings and the results of engineering and geodetic monitoring of the building in the area of influence. Instrumental monitoring of buildings in the area of influence of construction of subway tunnels allows to trace occurrence and dynamics of development of deformation processes of the building, comparing the received values of the tracked parameters with settlement and standard values for prevention of decrease in operational suitability of the building. According to the results of the calculation of the impact, for the building under study, the values of additional deformations of the foundation are determined, which are limit and close to the normative values of additional deformations of the foundation. The results of engineering and geodetic monitoring at the stage of preparatory works for the building, for which the calculated values of additional deformations are close to the normative, are given. The appearance of uniform subsidence of the building foundation before the beginning of construction and installation works on the construction of the subway tunnel was recorded. It is determined that the appearance of unpredictable subsidence before the start of major construction and installation works or at the stage of preparatory work on the construction site, can cause exceeding the normative values of additional subsidence of the foundation, which in turn will increase costs and labor costs, and reducing its serviceability. The probable factors that provoked the development of deformations for the building under study and which were not taken into account when performing the calculation of the impact of new construction on the surrounding buildings are analyzed. The presence of a synergetic effect of strengthening of deformations caused by the influence of new construction, deformations of natural character, the change of which is dynamic, is determined. An algorithm for engineering and geodetic monitoring of buildings for which the calculated values of additional deformations are close to the norm, which allows to determine the own subsidence of the building in the area of new construction and take into account the obtained values and dynamics of subsidence changes in further calculations of impact.*

Key words: engineering and geodetic monitoring, calculation of impact on surrounding buildings, deformations, limit values of additional subsidence.

Hrihorovskyi P.Ye.
Doctor of Technical Sciences, Senior Research Officer,
State Enterprise “Scientific Research Institute of Building Production”, Kyiv
Kroshka Yu.V.
Head of the Department,
State Enterprise “Scientific Research Institute of Building Production”, Kyiv
Basansky V.O.
Head of the Sector,
State Enterprise “Scientific Research Institute of Building Production”, Kyiv
Osadcha I.V.
Junior Research Fellow,
State Enterprise “Scientific Research Institute of Building Production”, Kyiv
Lyalko V.V.
Engineer,
State Enterprise “Scientific Research Institute of Building Production”, Kyiv

УДК 69:001.89
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.3

Григоровський П.Є.
д.т.н., с.н.с.,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Чуканова Н.П.
завідувачка відділу обстеження, комплексної діагностики та експериментального проектування будівель і споруд,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Мурасьова О.В.
заступник завідувача відділу,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Наріжний В.В.
аспірант,
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ;
інженер 1 категорії,
ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ УНІФІКОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬ НА ЕТАПАХ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Анотація. *У процесі експлуатації будівель впровадження систем інструментального моніторингу останнім часом значно поширюється. Упровадження цих систем стало необхідністю в умовах стрімкого розвитку використання інформаційних систем у будівельній галузі України. Досить вивченим є питання впровадження таких систем як на етапі будівництва, так і на етапі експлуатації будівлі. Подальшим кроком для вдосконалення організації виконання технологічних рішень інструментального моніторингу в будівництві та підвищення його техніко-економічної складової, є, зокрема, вивчення організаційно-технологічних процесів з урахуванням поєднання та інтеграції систем моніторингу протягом життєвого циклу будівель на етапах будівництва та експлуатації будівлі або окремої конструкції.*

Виконання та впровадження саме однієї системи моніторингу, яка буде використовуватись і під час будівництва, і під час експлуатації будівлі, є досить актуальним з урахуванням впровадження будівельних інформаційних технологій (BIM) з метою моделювання життєвого циклу будівель та прогнозування їх фізичного зносу. Уніфікація виробів супроводжується виявленням оптимальних конструкторсько-технологічних рішень та типізацією шляхом комбінування (поєднанням) найбільш вдалих конструкторсько-технологічних рішень. Перспективним є розроблення рішень із упровадження систем моніторингу на етапі реконструкції будівлі завдяки виконанню певних технологічних процесів, можливих лише під час виконання операцій, пов'язаних із втручання в основні, несучі елементи та конструкції. Реконструкцію та всі різновиди ремонтних робіт виконують фактично на етапі експлуатації. Уніфікація виробів супроводжується виявленням оптимальних конструкторсько-технологічних рішень та типізацією шляхом комбінування (поєднанням) найбільш вдалих конструкторсько-технологічних рішень. Питання інтеграції систем моніторингу технологічних процесів на етапі будівництва в системи моніторингу на етапі експлуатації потребує детального вивчення.

Ключові слова: система моніторингу, організаційно-технологічні процеси, життєвий цикл будівель, будівельні інформаційні технології.

Постановка проблеми. Питання інтеграції систем моніторингу технологічних процесів під час будівництва в системи моніторингу під час експлуатації залишається відкритим. На нашу думку, вивчення та вирішення даного завдання сприятиме підвищенню ефективності виконання будівельних процесів та підвищенню економічних показників вартості будівництва. На даний час досить вивчені методи та способи використання даних систем порізно. Відкритою проблемою залишається інтеграція системи між собою. Варто зауважити, що науково-технічні засоби мають достатній технічний апарат та інформаційно-технічні рішення для виконання поставленої задачі.

Аналіз останніх досліджень. Діагностика будівель на різних етапах життєвого циклу (будівництва, експлуатації, реконструкції, зняття з експлуатації) досить вивчена. У технічній літературі докладно описано впровадження даних систем. Науково-технічні бази постійно поновлюються та доповнюються новими технічними рішеннями та пропозиціями з реалізаціями систем моніторингу. Найбільш відпрацьованими з методологічної точки зору є системи моніторингу саме на етапі експлуатації. Методи інтеграції систем між різними етапами життєвого циклу будівель не розповсюджені в практиці науково-технічного супроводу забезпечення їх технічного стану. Причиною такого стану речей є різні власники будівлі на етапах будівництва та експлуатації, економічні інтереси яких не збігаються та часто є протилежними. Якщо будівельна організація прагне зменшити будівельні витрати, то власник будівлі на етапі експлуатації прагне продовжити етап експлуатації.

Мета роботи. Аналіз найбільш ефективних способів інтеграції систем моніторингу під час будівництва в системи моніторингу подальшої експлуатації будівель. Розглянути актуальність та техніко-економічну доцільність використання даних систем у практиці виконання будівельних процесів. Систематизувати актуальну інформацію поєднання технічних рішень впровадження даних систем. Розглянути організаційно-технологічні рішення, реалізації прогресивних методів модернізації наявних систем моніторингу будівельних процесів для впровадження їх у моніторинг експлуатуючої будівлі.

Виклад основного матеріалу. Основною метою систем моніторингу будівель є своєчасне виявлення технічних змін будівлі чи конструкції, зокрема для їх подальшого контролю. Для кращого розуміння алгоритмів поєднання зазначених систем на різних етапах контролю технічного стану будівлі їх необхідно розділити, визначити необхідні технічні засоби та параметри моніторингу, методи та способи оптимального використання прийнятих систем, технічну можливість їх реалізації та подальшого використання. На табл. 1 приведено етапи життєвого циклу будівлі, основні параметри контролю (моніторингу) для кожного з етапів та типові прилади, які, як правило, використовують для реєстрації вказаних параметрів.

Слід зауважити, що використання деяких технічних засобів на різних етапах будівництва є або неможливим, або економічно недоцільним, тому в першу чергу необхідно визначити найбільш уніфіковані параметри контролю для різних етапів та мету їх реалізації.

У загальному технічному розумінні «уніфікація» (від лат. *unus* — один, лат. *facio* — роблю; об'єднання) пояснюється як найпоширеніший і ефективний метод стандартизації, який передбачає приведення об'єктів до однотипності на основі встановлення раціонального числа їх різновидів [1]. Уніфікація сприяє розвиткові спеціалізації виробництва, комплексної механізації та автоматизації.

Уніфікація полягає у виборі оптимальної кількості або в раціональному скороченні числа типів, видів, параметрів і розмірів об'єктів однакового чи близького функційного призначення. Уніфікація спрямована на зменшення числа різновидів об'єктів шляхом комбінування двох і більше їх характеристик. Об'єктами уніфікації можуть бути різні вироби: матеріали, деталі, вузли, схеми, прилади, пристрої, агрегати, машини.

Уніфікація виробів супроводжується виявленням оптимальних конструкторсько-технологічних рішень та типізацією шляхом комбінування (поєднанням) найбільш вдалих конструкторсько-технологічних рішень.

Термін «уніфіковані системи моніторингу» для нашого випадку пропонуємо формулювати як поєднання систем моніторингу будівлі на етапах будівництва та експлуатації, оскільки найбільш трудомісткими та економічно затратними будуть етапи будівництва та експлуатації будівлі, і саме ці етапи розглядаються в даній статті. На нашу думку,

з точки зору застосування моніторингу етап регенерації будівлі є менш актуальним.

Згідно з «ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016», а саме пунктом 8.4.1., Моніторинг об'єкта в нормальних умовах експлуатації проводять для виявлення небезпечних змін напружено-деформованого стану несучих конструкцій та/або грунтів основ, які потребують детального обстеження для обгрунтованої оцінки технічного стану будівель. Для етапу експлуатації можна виділити основні параметри моніторингу будівлі, такі як: міцність бетону, крен будівлі, вологість фундаментів, реакція ЗБК на вплив навантаження. Ураховуючи, що під час виконання робіт зі зведення будівельних конструкцій також необхідний періодичний контроль технічого стану виготовлених конструкцій, можна виділити основні параметри: міцність залізо-бетонних конструкцій, визначення реакції несущих конструкцій на заданих інтервалах збільшення навантаження, реєстрацію змін вологості грунтів тощо.

До технічних засобів, які можливо використовувати та уніфікувати для різних етапів моніторингу будівлі, можна віднести такі, як: інклінометри, датчики вологості, датчики температури, тензодатчики тощо. Спираючись на положення [5], можна виділити необхідну етапність проектування уніфікованих систем моніторингу, а саме:

1)розроблення проекту системи моніторингу відповідно до ТЗ;

2)розроблення системи спостережень для перевірки в натурі ступеню впливу нового будівництва на наявні будівлі і споруди;

3)тестування та випробування системи моніторингу. Складання відповідних актів та документів випробування;

4)монтаж системи моніторингу на об'єкті;

5)здійснення моніторингу в процесі будівництва та експлуатації протягом стабілізаційного періоду або більшого терміну, встановленого технічним завданням;

6)обробка та оперативний аналіз результатів моніторингу в режимі реального часу;

7)опрацювання результатів спостережень та підготовка відповідних висновків;

8)оцінка впливу нової будівлі і виконання робіт із її зведення на наявні будівлі і споруди.

Для уніфікованих систем моніторингу будівлі в автоматизованому режимі роботи можливе використання тільки неруйнівних методів вимірювання. Типова блок-схема системи моніторингу матиме однаковий вигляд для різних етапів моніторингу і представлена на рис. 1.

Перспективним, на нашу думку, є розробка рішень із впровадження систем моніторингу на етапі реконструкції будівлі завдяки виконанню певних технологічних процесів, можливих лише під час виконання операцій, пов'язаних із втручанням в основні, несучі елементи та конструкції. Відомо, що реконструкцію та всі різновиди ремонтних робіт виконують фактично на етапі експлуатації. Під час виконання ремонтних робіт на етапі експлуатації інструментальні вимірювання є їхньою частиною і виконуються паралельно з експлуатацією без відселення мешканців або послідовно з експлуатацією з відселенням

Таблиця 1. Параметри контролю будівлі на різних етапах життєвого циклу

Етап	Параметри контролю	Технічні засоби контролю та діагностики
1. Будівництво	Технологічні показники будівельних процесів	Інклінометри, датчики поперечного тиску на форми, датчики температури, датчики вологості, акселерометри, оптичні датчики вимірювання геометричних параметрів конструкцій та об'єкту загалом.
2. Експлуатація	Технічні показники стану конструкцій та інженерних систем	Інклінометри, датчики вібрації, датчики вологості, датчики температури, витратоміри, датчики рівня підземних вод і т.д.
3. Реконструкція	Технічні показники стану аварійних конструкцій чи інженерних систем	Викладене вище в пунктах № 1 і № 2.
4. Регенерація або ліквідація будівлі	Прогнозування : аварійних ситуації під час ліквідації / технічної можливості регенерації будівлі	Інклінометри, датчики вологості, пристрої визначення міцності бетону/цегляної кладки, датчики корозії металевих конструкції.

мешканців. При цьому настає період соціального дискомфорту для мешканців з необхідністю компенсації матеріальної або моральної шкоди, що збільшує трудомісткість і вартість ремонтних робіт у цілому і інструментальних вимірювань зокрема [3]. Відомо також, що на етапі експлуатації важливим фактором впливу на технічний стан наявної забудови є вплив нового будівництва [4]. Наявність такого впливу є незаперечним фактом. Підтримання експлуатаційних властивостей і забезпечення безаварійної експлуатації будівель у зоні впливу нового будівництва є актуальним техніко-економічним завданням, що потребує достовірної інформації, отриманої інструментальними методами, для своєчасного виявлення граничних деформацій конструкцій та попередження утворення пошкоджень будівельних об'єктів. Метою забезпечення експлуатаційної придатності та безпеки прилеглих об'єктів є збереження тривалого працездатного стану оточуючих будівель, яке досягається прогнозуванням розвитку процесів їх пошкодження та своєчасною реалізацією компенсаційних заходів, що значною мірою визначається якістю виконання вимірювальних робіт. У роботі [4] проведено аналіз впливу вимірювальних робіт на експлуатаційну придатність наявних будівель. Від обсягу та періодичності отримання інформації за результатами інструментальних вимірювань залежить оперативність і адекватність прийняття рішень щодо недопущення зниження експлуатаційних характеристик об'єктів будівництва, тому їхній зміст впливає на тривалість експлуатації об'єктів.

Таким чином, використання систем моніторингу в будівництві та експлуатації в першу чергу повинно вирішувати задачу із запобігання руйнації таких будівель, своєчасного виявлення відхилень від запроектованої технології будівельних процесів. Для діагностики технічного стану будівель та виявлення негативного впливу на них множини факторів слід систематизувати фактори такого впливу на будівлі [5]. Якщо довготривалі загрози можуть бути вчасно передбачені і своєчасно попереджені за рахунок нормативних заходів з експлуатації, то миттєві непередбачувані загрози (надзвичайні ситуації) можуть мати катастрофічні наслідки. Загрози за принципом швидкості їх появи: довготривалі загрози (поступовий розвиток дефектів та пошкоджень під впливом відомих прогнозованих загроз, наприклад, фізичне старіння); миттєві загрози з помітними проявами (швидкий розвиток надзвичайної ситуації після реалізації загрози); миттєві загрози без помітних проявів (непомітний, прихований розвиток надзвичайної ситуації після реалізації загрози). Фактори впливу на будівлю: в період експлуатації довготермінова (повзуча), викликана, як правило, старінням матеріалів, зниженням міцності. виявляється під час періодичних та планових обстежень, динаміка розвитку цього типу пошкоджень багатофакторна, прогнозування досить складне. До другого типу факторів відносяться загрози, що викликані раптовими помітними проявами, цей вид чинників не прогнозований, може бути попереджений своєчасним реагуванням на виникнення небезпеки. Такі фактори досить небезпечні, оскільки відносяться до миттєвих, але мають помітні прояви і їхній можливий вплив визначається за результатами обстежень. До третього, найбільш небезпечного типу факторів відносяться загрози, що викликані раптовими непомітними проявами, коли джерело небезпеки є випадковим

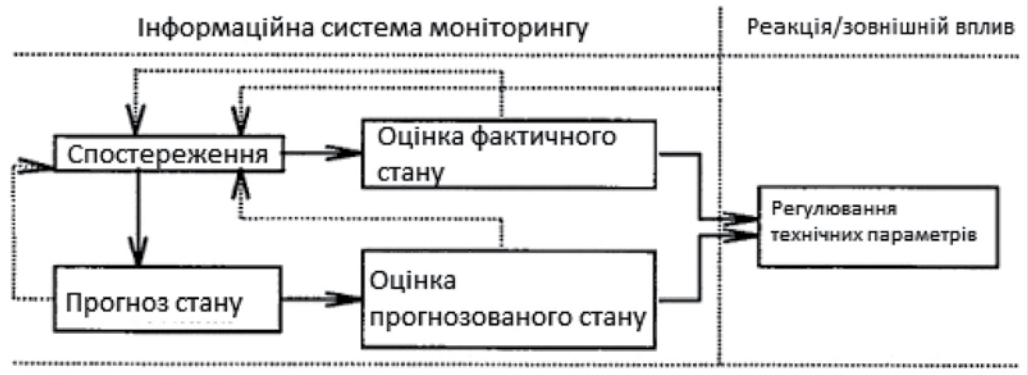


Рис. 1. Блок-схема системи моніторингу

і конкретно не визначене. Це може бути підтоплення внаслідок аварій каналізаційних мереж, зміна рівня ґрунтових вод або зміна несучої здатності ґрунтів внаслідок впливу ущільненої забудови, вібрації від транспорту тощо.

Для уніфікації системи моніторингу, тобто поєднання систем моніторингу будівлі на етапах будівництва та експлуатації, необхідно виконати в узагальненому вигляді порівняння складу параметрів контролю будівлі на різних етапах життєвого циклу. У табл. 2 наведено результати такого узагальненого порівняння, що дає уяву про напрямки та види робіт з інструментального моніторингу.

Відповідно до табл. 2 позиції 4, 5 та 6, тобто контроль кренів будівлі, просідання будівлі, контроль зовнішніх природніх та техногенних факторів впливу необхідно виконувати як на етапі будівництва, так і на етапі експлуатації. Таким чином, системи моніторингу для забезпечення контролю цих параметрів можливі до уніфікації для етапів будівництва і експлуатації.

Саме беручи до уваги всі фактори негативного впливу на будівлю і часові межі на їх виявлення і діагностику, можливо розробити працездатні та необхідні принципи та методи для розробки та створення уніфікованих систем моніторингу технічного стану будівлі та технологічних процесів під час зведення будівлі та всього етапу експлуатації.

Висновки. Необхідним етапом для вдосконалення організації виконання технологічних рішень впровадження моніторингу протягом життєвого циклу та підвищення економічно-технічної складової частини є, зокрема, вивчення принципу поєднання та інтеграції систем моніторингу на двох етапах життєвого циклу, тобто на етапах будівництва та експлуатації.

Існують технічні та інформаційно-технологічні рішення для виконання поставленої задачі. Найбільш ефективною є інтеграція систем моніторингу під час будівництва, в системи моніторингу подальшої експлуатації будівель, уніфікація вже наявних систем моніторингу будівельних процесів, впровадження систем моніторингу на етапі регенерації/реконструкції будівлі.

Контроль кренів будівлі, просідання будівлі, контроль зовнішніх природніх та техногенних факторів впливу необхідно виконувати як на етапі будівництва, так і на етапі експлуатації. Таким чином, системи моніторингу для забезпечення контролю цих параметрів можливі до уніфікації для етапів будівництва і експлуатації.

Упровадження уніфікованих систем моніторингу з використанням нових методів фіксації та переробки даних є актуальним питанням та потребує подальшого вивчення.

Таблиця 2. Порівняння узагальненого складу параметрів контролю будівлі на різних етапах життєвого циклу

	№	Етап життєвого циклу	
		Будівництво	**Експлуатація**
Параметри контролю для відповідного етапу життєвого циклу	1	Параметри технологічних процесів в процесі будівництва	–
	2	Виконавчі знімання виконаних конструкцій	–
	3	Вхідний контроль матеріалів та конструкцій	–
	4	Крени будівлі в процесі будівництва	Крени будівлі в процесі експлуатації
	5	Просідання будівлі в процесі будівництва	Просідання будівлі в процесі експлуатації
	6	Контроль зовнішніх природніх та техногенних факторів впливу в процесі будівництва	Контроль зовнішніх природніх та техногенних факторів впливу в процесі експлуатації
	7	–	Контроль деформацій, що з'являються в процесі експлуатації
	8	–	Контроль функціонування внутрішніх інженерних мереж в процесі експлуатації

Література

1. Уніфікація (техніка). Вікіпедія. URL : https://uk.wikipedia.org/Уніфікація_(техніка).
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. URL : https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/obstezhennja_budivel_i_sporud/5-1-0-1768.
3. Чуканова Н.П. Удосконалення організаційно-технологічних рішень моніторингу технічного стану старої забудови : дис. канд. техн. наук : 05.23.08. Харків, 2020.
4. Мурасьова О.В. Удосконалення організаційно-технологічних рішень інструментального моніторингу ущільненої забудови, прилеглої до нового будівництва : дис. канд. техн. Наук : 05.23.08. Харків, 2020.
5. Немчинов Ю.И., Кендзера А.В., Бугаевский Г.Н. Динамическая паспортизация сооружений как составная часть СниПа. Будівельні конструкції : Зб. наук. праць. Київ: НДІБК, 2004. Вип.60. С. 193–198.
6. Кліменко В.З. Випробування конструкцій, обстеження та моніторинг будівель і споруд. Кондор, 2008. С. 119–128.
7. Хавкін О.К., Калюх Ю.І., Мар'єнков М.Г., Глуховський В.П., Приємський В.Д. Моніторинг будівельних конструкцій і застосування нових державних норм ДБН В.1.1-12:2006 «Будівництво в сейсмічних районах України». *Будівельні конструкції: Зб. наук. праць.* Київ : НДІБК, 2008. Вип. 69. С. 26–44.
8. Григоровський П.Є., Чуканова Н.П., Мурасьова О.В. «Аналіз факторів, що впливають на термін життя будівлі в процесі експлуатації» Web of Scholar, 2018. С. 7.

References

1. Unifikatsiia (tekhnika). Vikipediia. URL: https://uk.wikipedia.org/Unifikatsiia_(tekhnika),
2. DSTU-N B V.1.2-18:2016 Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/obstezhennja_budivel_i_sporud/5-1-0-1768
3. Chukanova N.P. Udoskonalennia orhanizatsiino-tekhnolohichnykh rishen monitorynhu tekhnichnoho stanu staroi zabudovy: dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.08 Kharkiv: 2020
4. Murasova O.V. Udoskonalennia orhanizatsiino-tekhnolohichnykh rishen instrumentalnoho monitorynhu ushchilnenoi zabudovy, prylehloi do novoho budivnytstva: dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.08 Kharkiv: 2020
5. Nemchynov Yu.I., Kendzera A.V., Buhaevskyi H.N. Dinamicheskaia pasportizatsyia sooruzhenii kak sostavnaia chast SniPa. // Budivelni konstruktsii: Zb. nauk. prats. K.: NDIBK, 2004. Vyp.60. S.193-198.
6. Klimenko V.Z. Vyprobuvannia konstruktsii, obstezhennia ta monitorynh budivel i sporud. Kondor 2008. S. 119–128.
7. Khavkin O.K., Kaliukh Yu.I., Marienkov M.H., Hlukhovskyi V.P., Pryiemskyi V.D. Monitorynh budivelnykh konstruktsii i zastosuvannia novykh derzhavnykh norm DBN V.1.1-12:2006 «Budivnytstvo v seismichnykh raionakh Ukrainy». // Budivelni konstruktsii: Zb. nauk. prats. K.: NDIBK, 2008. Vyp.69. S. 26-44.
8. P.Ie. Hryhorovskyi, N.P. Chukanova, O.V. Murasova «Analiz faktoriv, shcho vplyvaiut na termin zhyttia budivli v protsesi ekspluatatsii» Web of Scholar, 2018. S. 7.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF UNIFIED BUILDING MONITORING SYSTEMS AT THE STAGES OF CONSTRUCTION AND OPERATION

Abstract. *During the operation of buildings, the introduction of instrumental monitoring systems has recently become significantly more widespread. The introduction of these systems has become a necessity in the context of the rapid development of the use of information systems in the construction industry of Ukraine. The issue of implementing such systems both at the construction stage and at the operation stage of the building is well studied. A further step to improve the organization of technological solutions of instrumental monitoring in construction, and increase its technical and economic component, is to study organizational and technological processes, taking into account the combination and integration of monitoring systems during the life cycle of buildings during construction and operation of a building or structure. Implementation and implementation of exactly one monitoring system, which will be used during construction and operation of the building is quite relevant given the introduction of construction information technology (BIM) to model the life cycle of buildings and predict their physical deterioration. Unification of products is accompanied by the identification of optimal design and technological solutions and typification by combining (combining) the most successful design and technological solutions. It is promising to develop solutions for the implementation of monitoring systems at the stage of reconstruction of the building, due to the implementation of certain technological processes possible only during operations related to intervention in the main, load-bearing elements and structures. Reconstruction and all kinds of repair work are performed, in fact, at the stage*

of operation. Unification of products is accompanied by the identification of optimal design and technological solutions and typification by combining (combining) the most successful design and technological solutions. The issue of integration of technological systems monitoring systems at the construction stage into the monitoring systems at the operation stage requires detailed study.
Key words: monitoring system, organizational and technological processes, life cycle of buildings, construction information technologies.

Hrihorovskyi P.Ye.
Doctor of Technical Sciences, Senior Research Officer,
State Enterprise "Scientific Research Institute of Building Production", Kyiv
Chukanova N.P.
Head of the Department of Observation, Comprehensive Diagnostics and Experimental Design of Construction and Structures,
State Enterprise "Scientific Research Institute of Building Production", Kyiv
Murasova O.V.
Deputy Head of Department,
State Enterprise "Scientific Research Institute of Building Production", Kyiv
Narizhnyi V.V.
Postgraduate Student,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv;
Engineer of the 1st category,
State Enterprise "Scientific Research Institute of Building Production", Kyiv

UDC 624.131
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.4

Bobrakov A.A.
ORCID: 0000-0002-7915-2642
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Civil Engineering and Project Management Department,
"Zaporizhzhia Polytechnic" National University, Zaporizhzhia

Shcherbyna L.V.
ORCID: 0000-0002-1870-5127
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Civil Engineering and Project Management Department,
"Zaporizhzhia Polytechnic" National University, Zaporizhzhia

Donenko I.V.
ORCID: 0000-0002-0017-9018
Ph.D., Associate Professor at the Civil Engineering and Project Management Department,
"Zaporizhzhia Polytechnic" National University, Zaporizhzhia

Ishchenko O.L.
ORCID: 0000-0002-4152-6135
Assistant Professor at the Civil Engineering and Project Management Department,
"Zaporizhzhia Polytechnic" National University, Zaporizhzhia

INFLUENCE OF HUMAN FACTOR TO THE HYDROLOGICAL CONDITIONS OF AREA AT THE EXAMPLE OF ZAPORIZHZHIA REGION

Abstract. *Ensuring the necessary operational reliability of buildings and structures when flooding the urban area with groundwater and man-made waters requires further development of methods of assessment of the architectural and construction system, which interacts with environmentally harmful natural and man-made environment. The purpose of the article is the analysis of urban, geotechnical and geo-ecological features of the engineering infrastructure of the territory; classification of negative flooding factors that impair the conditions of operation of urban development objects; classification and selection of measures aimed at improving the operational reliability of the foundations and foundations, buildings and structures of the city under the influence of negative factors of flooding. As a result of the widespread rise of groundwater, moved to the upper thickness of the loessy loam and this significantly increased their mineralization, because of this groundwater ceased to be used as potable and as a result of their aggressiveness towards building materials, began to contribute to the corrosion process. Problems of protecting urban buildings from negative consequences of flooding by groundwater and man-made water affect many aspects of engineering activity and represent and this is typical for modern urbanized territories. For the successful implementation of large-scale measures to protect the city's engineering infrastructure from flooding and to develop engineering measures aimed at ensuring the operational reliability of buildings and structures, it is necessary to develop a fully functional municipal urban information system.*

Key words: hydrogeological conditions, groundwater, culverts facilities, building, city information system.

Problem statement. The common problem of exploitation of urban areas is the implementation of environmental – rehabilitation measures aimed at improving the urban environment through the suspension of the impact of adverse natural and man-made factors. One of such

negative and long-lasting factors is the flooding of urban areas with groundwater of natural and man-made character for most modern urban areas. During the last 50 years, the flooding of the territory and related problems became a great problem for Ukraine.

Ensuring the necessary operational reliability of buildings and structures when flooding the urban area with groundwater and man-made waters requires further development of methods of assessment of the architectural and construction system, which interacts with environmentally harmful natural and man-made environment.

Analysis of recent research and publications. Currently in Ukraine researchers such as I. Sanina, N. Lyuta, A. Lushchyk, V. Shestopalov, V. Lialko, V. Hudzenko and others are engaged in the problems of exploitation of urbanized territories, in the search for rehabilitation measures to stop the effects of adverse natural and technogenic factors. These solutions are reflected in the scientific and technical [4; 5; 6] and regulatory literature [1; 2; 3]. However, the issues of flooding urban areas with groundwater are not adequately addressed.

The purpose of the article. The purpose of the article is to analyze the urban, geotechnical and geo-ecological features of the engineering infrastructure of the territory; classification of negative flooding factors that impair the conditions of operation of urban development objects; classification and selection of measures aimed at improving the operational reliability of the foundations and foundations, buildings and structures of the city under the influence of negative factors of flooding.

Presenting main material. In general, the area of natural and man-made flooding is about 7 million hectares or about 12% of the country territory. During the period of extreme precipitations or floods, they increase more than twice so the territory about 16 million hectares it is about 27% of Ukraine territory.

No one region of Ukraine can suffer because of flooding and other negative processes.

In Ukraine more than 2000 villages, 540 cities, 100 thousand hectares of agricultural area can suffer.

For Zaporizhzhia region flooding is a great problem. We can see in on statistic by this region. About 119 settlements are constantly flooded in this region, but during the periods of extreme precipitation and floods its number increases, for example 248 settlements suffered because of it.

Zaporizhzhia region is located in the south-eastern part of Ukraine. The area of the region is 27.5 thousand km. Mostly is a steppe plain, this area has many rivers, gullies with a slight slope to the north-west. To the south, the marks are getting lower to zero close to Azov Sea.

The area is located in central and southern steppe zones of Ukraine, almost all its surface grown the remains of virgin steppe vegetation survived just along the slops of the ravines and gullies. There are a few forests and shrubs.

The highest elevation is the central part of a region, which coincides the Pryazov crystalline massif (absolute mark 200–220 m).

The region consists of four hydrogeological districts:

– South-eastern line Dnepr massif;

– North-eastern part of Black Sea watershed (Small Artesian watershed);

– Western part of the Azov crystalline massif;

– North-eastern part of Black Sea cavity (artesian basin). Frozen lands are common in all four hydrogeological areas with predominance in the latter two.

The geological structure of Pryazov massif mostly consists of Quaternary and Precambrian rocks (south-eastern part) by the way a lot of crystalline rocks are going up to the surface (river valleys, gullies). That is why there are 2 dominated aquifers in this area:

– Aquifer horizon of cracked zones of crystalline rocks, which is the source of centralized water supply;

– Quaternary aquifer, which has separation distribution.

The quaternary aquifer timed in the watersheds to the Eolian-deluvia and diluvia loam, the sand. The capacity of the aquifer is 0.5–5 m, less than 15–20 m.

The flow of ground water to the surface observed in the upper and lower slopes to the beams.

In the region of the Black Sea lowlands (the southern part and the western half of the region), sedimentary deposits of the Credaceous, Paleogene, Neogene and Quaternary age (sands, clay, limestone, sandstones, loams) on the Precambrian rocks developed with a variable capacity of 100–1000 m.

Such aquifers developed in the area: Cretaceous, Buchach, Torton, Cimmerian, Sarmatian, Pontic and Kulyalnskyi. Above

of them the aquifer of the Qaternary deposits. Water-bearing rocks of groundwater are eolian-deluvial, deluvial. The capacity of the aquifer is usually 10–15 m.

In the area of the Dnieper crystalline massif (northern part of the region) along with the wide development of crystalline rocks, Paleogene (sub-area), Neogene and Qaternary deposits are involved. The capacity of sediment deposits from several meters to 100–110 m.

The aquifer horizons of cracked zones of crystalline rocks, Sarmatian and Pontic deposits are developed.

Cretaceous Paleogene, Neogene and Qaternary sediments represent the Konska-Yalinska basin (mostly Guliyaipolsky, Pologivsky, partly Orichivsky and Kyibishevsky districts) with capacity of 40–400 m. The main aquifers are the Buchach, Poltava and Sarmatian deposits. Qaternary aquifer timed, to the loaves of the Eolian-deluvial, delluvial and alluvial genesis. The groundwater Quaternary deposits of all four hydrogeological regions have free surface. Water-bearing loamy differences have a weak water-absorption; the debits of sources are predominantly hundreds and tenths of l/sec (0.3–0.05 l/s). The nutrition of the quaternary aquifer is mainly due to atmosphere falling, the aquifer regime depends on season fluctuations. Chemically the water mostly mineralized. People use ground water for household purposes, less for drinking by capturing their mine pits.

Almost the whole territory except the northern part refers to the arid zones. Winter is short, not snowy, spring is shot and semi-dry, summer is long, very warm dry, and autumn is average duration and semi-dry. In dry years, the evaporation rate is twice higher then fate of falling. Rainfall characterized by not stability marks, which leads to drying of the soil and drought.

Analysis of climatic indicators shows that the existing of flooding directly depends on the precipitation and air temperature. Therefore, the biggest flooding was in 1985, 1997, and 2004, when annual average rainfall was twice higher the norm and the average of annual temperature was the lowest. There are three types of flooded lands:

1. Flat-knotted river floodplain.
2. Sloping slops of watersheds and beams with small saucers, salt marshes and waterlogged areas on weakly moderately salted bleak earth, soils-weakly middle saline, weakly drained
3. Flat leman-sea plane with steppe area on infertile saline and saline soil.

The territory of rivers is about 10 km and consists of nearly 60 rivers. Nearly half of them situated in the Territory of Dnipro River, and the other part at the territory of Azov.

The transverse line of the basins runs along the Azov crystalline massif with marks on the surface of 200–300 m. The rivers of the Dnieper basin lie along the plain, the have a calm flow.

The slopes of the valleys are mostly flat, symmetrical, composed of a forest complex, which causes in some places a surface soil wash often at a considerable depth. The floodplain of rivers is usually two-sided, wide and at the time of spring can be flooded. The rivers of the Azov basin in some part have steeper and asymmetric high slops and separated small ravines. The processes of simultaneous erosion and accumulation are observed everywhere in the valleys of the Azov and Dnipro basin.

The analysis of the natural conditions of the region for a long period shows that raising the level of groundwater both in the country as a whole and in Zaporizhzhia began since the late 50s. The main reasons of large-scale groundwater rise are:

1. Overbuilding by the whole territory of Dnipro river.
2. Large scale plowing of land and water retention in agriculture.

Some reasons associated with the main reasons:

– wrong exploitation of the built reservoirs and pounds;

– building of irrigation canals without filter measures;

– lack of sewage in the countryside and at the territory cities and villages where private constrictions is located;

– violation of planning and building norms for settlements;

– bad conditions of drainage cuvettes for roads and railways.

As we can see, the main reason of flooding is human activity. By the end of the 90th of the last century, the rise in groundwater level on agricultural lands was stabilized it depends of falling during the year. In settlements, the processes of deterioration of hydro-geological conditions continue to evolve exclusively due to the luck of landscaping.

Falling which were in autumn-spring periods 1997–1998 and 2004–2005 years led to

flooding of the territory and caused damages to the national economy of Zaporizhzhia region.

Luck savage in settlements, in the presents of centralized water supply is one of the reason of a lot of flooding. In the most settlements, where drainage built, usually it not exploited and has bad technical conditions.

Now in the region we have 753 ponds and reservoirs, with a total capacity of about 162 million m^3. Most of pounds are very small and they were made without projects and do not have drainage facilities. As a result, the girder-river territory reduced its drainage impact, because of it the groundwater level rises.

There are a several aquifers developed in this area: Cretaceous, Buchach, Torton, Cimmerian, Sarmatian, Pontic and Kylualnytsky. The aquifer horizon of the Quaternary deposits is above. Water-bearing rocks of groundwater are Eolian-deluvial, deluvial, in the floodplain of rivers and gullies – alluvial and alluvial-deluvial, on the sea terraces – leman-sea loam, sandy loam, less sand. The capacity of the aquifer is usually 10 ч 15 m.

In the area of the Dnieper crystalline massif (northern part of the region) along with the wide development of crystalline rocks, Paleogene (sub-area), Neogene and Quaternary deposits are involved. The capacity of sediment deposits from several meters to 100 ч 110 m.

The aquifer horizons of cracked zones of crystalline rocks, Sarmatian and Pontic deposits are developed. In quaternary sediments, groundwater confineding mainly to the Eolian-deluvial, deluvial and alluvial loamy loam, sandy loam, and lesser sands.

Under the influence of the above factors, the flooding of the land and settlements is practically observed in Melitopol (such as Molochna, Yushenly, Kuroshani), Tokmatskyi (such as Tokmachka, Molochnaya, Utliukskyi, Chingul, Kurochani) and Orichivskyy (Konka, Zerebets, Tersa) districts.

The backwater of existing ponds, siltation of small rivers in the lower reaches of the Sea of Azov and its estuaries, the most common in Berduansk, Yakimivka, Pryazovskyi areas. These are places for building of deaf dams on the rivers, gullies and drainage channels.

Dams and hydrotechnical structures, ponds, reservoirs are need for repair. All reservoirs and structures are operated in violation of the norms of current and major repairs. To date, the period of major repairs of most hydraulic structures exceeded the permissible several times, which threatens their destruction and flooding of the territories of settlements and arable lands located in the lower reservoirs. It is established that the areas with close groundwater level (2 m and below) are 85.3 thousand hectares, including: 15333h hectares – settlements (248 pieces), 70000 hectares – agricultural lands, including irrigated lands 1306 hectares.

In all mentioned areas, groundwater refers to the first from the surface of the aquifer, which has atmospheric power, as well infiltration power from underground communications and hydraulic structures (canals, collectors, etc.)

Based on the requirements of existing documents [1] flooded are considered:

– agricultural land with a constant groundwater level at a depth less than 1.5 m;

– localities with occurrence of groundwater level at a depth of less than 2,0 m.

The aquifer of the surface does not have a constant level. Its level depends on the intensity of falling, temperature regime during the year seasons, so level of the first aquifer changes since 1–1,5 to 3–4 m.

There are three categories on the total number of flooded settlements.

The first category includes settlements that require urgent centralized investments in the next 3–4 years. In these settlements, with the coincidence of advertise climatic conditions, there may be catastrophic consequences. There are nearly 15 such settlements in the district.

The second category includes settlements requiring planed centralized investments to prevent the rise of groundwater level. There are 28 of such settlements.

The third category are settlements what flooding not regular, and prevention measures solving locally. There are 205 settlements in the region.

Zaporizhzhia is the region center, located on the left and right sides of Dnipro River. From the northern side is Dnipro reservoir, from the south side Khakovska reservoir.

The hydrography of Zaporizhzhia territory represented by the river Dnipro, small rivers Mokra Moskovka, Sukha Moskovka, many streams and beams. The length of small rivers within the city is 26.0 km, beams, streams – 11.5 km, beams – 22.3 km.

The length of the river Dnipro within the city is 24.2 km. The general falling of the river is about 11 cm per 1 km.

In Zaporizhzhia, the channel regulated by Dnipro and Kakhovka reservoirs, that is why changing of water level depends of the filling and emptying of reservoirs. Marking the water level in the upper by the Dnipro reservoir – 47.9 m. Mokra Moskovka River is the left tributary of Dnipro River. Watershed area 457 km^2, the length of the river is 62 km, within the city – 11 km.

Zaporizhzhia is an industrial city with a developed industry. Residential development is a streamlined multistores buildings equipped with all utilities: water, gas, utility and storm sewer. There are also one-store building, which are manly located along the banks of the rivers. They were built long time ago without engineering projects. Many of these structures flooded by groundwater. Generally, 1011.5 hectares with 1608 buildings, including 74 many-stores buildings are flooded.

The main reasons for flooding are:

– floodplains of rivers, no security zones, as a result the channels are blackened, littered, overgrown with a reed and do not allow storm and flood and water;

– built car roads blocked the way of outflow of surface and groundwater in the Dnipro River and other watercourses and downgrades;

– the entrance of private houses, as a rule, are executed from a mound without converting structures, which led to the formation of closed platforms without outflow;

– the culverts under the highways are lack sometimes;

– in areas of partial construction there are no storm, economic and fecal wastewater, so all surface water and discharges of economic and fecal wastewater fall into the cesspools and go to replenish groundwater;

– leaks of water from old, long-established water areas.

The rise of groundwater level led to:

– the sanitary situation in the city gets worse, threat of epidemic among the people (malaria, cholera), because drains can appear at the surface;

– destruction of buildings, communications in resident sectors of the city will make worse the social conditions for living;

– the neglected warehouses of poisonous chemicals and cattle-breeders that fall into the flood zone are of particular danger.

As a result of the widespread rise of groundwater, moved to the upper thickness of the loessy loam and this significantly increased their mineralization, because of this groundwater ceased to be used as potable and as a result of their aggressiveness towards building materials, began to contribute to the corrosion process.

Problems of protecting urban buildings from negative consequences of flooding by groundwater and man-made water affect many aspects of engineering activity and represent and this is typical for modern urbanized territories.

The process of flooding and its influence to the building constructions of the city we can represent like this:

1. Primary factors of flooding (PFF) is the process of flooding, which occurs as the level of groundwater and their rising to the surface.

2. Secondary factors of flooding (SFF) – these are the consequences of the influence of primary factors to the soil massif and underground part of buildings. Secondary factors are changes in physical and mechanical properties of soils, changes in physical and mechanical building characteristics, wrong exploitation of buildings and its parts.

3. The third factor of flooding (TFF) is the effect of PFF and SFF in the form of deformation and other mistakes in exploitation of buildings and constructions, which in some cases may be dilapidated.

Depending of the type of buildings and structures these factors can lead in different way. Aggressive groundwater and subsidence of soil bases are significant to flooding factors.

Conclusions. For successfully protection of the engineering infrastructure from the flooding and to developing engineer measures for protecting buildings and structures, its necessary to develop municipal information system (MIS).

MIS includes: information field, built on topo-geodesic basis and includes the main infrastructure objects: buildings, structures, city system, etc. All major databases should integrate into a single cartographic material.

It's possible, step by step, creation of MIS through the integration the efforts of municipal services, project making organizations and its specialists, universities, etc. Successful creation of a managed system in Zaporizhzhia requires additional research and development to create a database and the MIS project itself.

Bibliography

1. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. ДБН В.1.1-24:2009 від 1 січня 2011. Київ : Мінрегіон України. 2009.
2. Планування і забудова територій. (2018). ДБН В.2.2-12:2018. Київ : Мінрегіон України. 2018
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 році. URL: https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000085/85864.pdf.
4. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. Центр международных проектов Государственного комитета по науке и технологиям. Москва, 1984. С. 171–177.
5. Шестопалов В., Лялко В., Гудзенко В., Дробноход М., Огняник М., Руденко Ю., Ситников А., Скальський О., Сухоребрий А., Яковлєв Є. Підземні води як стратегічний ресурс (наукові засади дослідження підземних вод). *Вісник Національної академії наук України.* 2005. Випуск 5. С. 32– 38.
6. Саніна І.В., Люта Н.Г., Лущик А.В. Критерії оцінки екологічного стану геологічного середовища при проведенні регіональних еколого-геологічних досліджень. Київ, 2009. С. 28–41, 42–44.

References

1. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv. Inzhenernyi zakhyst terytoriy ta sporud vid pidtoplennya ta zatoplennya [Protection against hazardous geological processes. Engineering protection of areas and structures against flooding and unsettle]. (2009). DBN B.1.1-24:2009 from 1st January 2011. Kyiv: Minregion of Ukraine [in Ukrainian].
2. Planuvannya i zabudova terytoriy [Territory planning and development]. (2018). DBN B.2.2-12:2018. Kyiv: Minregion of Ukraine [in Ukrainian].
3. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha u Zaporizkiy oblasti u 2016 rotsi [Regional report on the state of the environment in Zaporizhzhia region in 2016]. Retrieved from: https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000085/85864.pdf [in Ukrainian].
4. Hydrogeological basis for the protection of groundwater. Center for International Projects of the State Committee for Science and Technology. (1984) P. 171–177 [in Russian].
5. Shestopalov V., Lialko V., Hudzenko V. and other. (2005). Groundwater is a resource strategic.Visnyk NAN Ukrainy, Issue 5, P. 32– 38 [in Ukrainian].
6. Sanina I.V., Lyuta N.G., Lushchyk A.V. (2009). Criteria for evaluating the ecological state of geological environment at regional ecological and geological research, Kyiv, P. 28–41, 42–44 [in Ukrainian].

ВПЛИВ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИЙ СТАН ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

Анотація. *Забезпечення необхідної експлуатаційної надійності будівель і споруд у разі підтоплення міської території ґрунтовими та техногенними водами потребує подальшого розвитку методів оцінки архітектурно-будівельної системи, яка взаємодіє з екологічно шкідливим природним і техногенним навколишнім середовищем. Метою статті є аналіз міських, геотехнічних та геоекологічних особливостей інженерної інфраструктури території; класифікація негативних факторів підтоплення, що погіршують умови експлуатації об'єктів містобудування; класифікація та вибір заходів, спрямованих на підвищення експлуатаційної надійності основ та фундаментів, будівель та споруд міста під впливом негативних факторів підтоплення. У результаті широкомасштабного підйому ґрунтових вод, переміщених до верхньої товщини лесистих суглинків, суттєво збільшилась їх мінералізація, через що підземні води перестали використовуватися як питні і внаслідок їх агресивності стосовно будівельних матеріалів почали сприяти процесам корозії. Проблеми захисту міських будівель від негативних наслідків затоплення підземними та рукотворними водами впливають на багато аспектів інженерної діяльності, і це характерно для сучасних урбанізованих територій. Для успішного здійснення повномасштабних заходів щодо захисту об'єктів інженерної інфраструктури міста від підтоплення та з метою розробки*

інженерних заходів, спрямованих на забезпечення експлуатаційної надійності будівель і споруд, необхідно розробляти повнофункціональну муніципальну міську інформаційну систему.
Ключові слова: гідрогеологічні умови, підземні води, водопропускні споруди, будівля, міська інформаційна система.

Бобраков А.А.
ORCID: 0000-0002-7915-2642
к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельного виробництва та управління проєктами,
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя
Щербина Л.В.
ORCID: 0000-0002-1870-5127
к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельного виробництва та управління проєктами,
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя
Доненко І.В.
ORCID: 0000-0002-0017-9018
к.т.н., доцент кафедри будівельного виробництва та управління проєктами,
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя
Іщенко О.Л.
ORCID: 0000-0002-4152-6135
старший викладач кафедри будівельного виробництва та управління проєктами
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

УДК 504.05:666.961
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.5

Богінська Л.О.
к.е.н., доцент кафедри будівельного виробництва,
Сумський національний аграрний університет, Суми

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВ У БУДІВНИЦТВІ

Анотація. *Розглянуті проблеми накопичення та впливу на навколишнє природне середовище промислових (техногенних) відходів виробництв та здійснено аналіз можливих шляхів використання вторинних продуктів промислового виробництва на об'єктах будівельних організацій.*

Проаналізована доцільність утилізації промислових відходів та відходів інших виробництв для отримання на їх основі будівельних матеріалів і виробів; надано класифікацію промислових відходів; здійснено розробку технології утилізації будівельних відходів.

Погоджуємося з тим, що еволюційні процеси у сфері будівельних технологій, впровадження інноваційних матеріалів сприяють прийняттю сміливих і неординарних рішень у будівельному виробництві. Перед будівельною галуззю стоїть завдання – задовольняти високі вимоги нинішнього споживача. Однак розвиток будівництва супроводжується підвищенням негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Слід відзначити, що, для того щоб налагодити процес переробки відходів, необхідні достатні інвестиції і зміни у законодавчій базі. Однак надалі реально вийти на більш низьку вартість матеріалів, можлива економія природних ресурсів і зниження ступеня забруднення довкілля.

Підтверджено, що в умовах сьогодення поки не вирішена проблема утилізації відходів, які вимагають збільшення розмірів територій, що відводяться під полігони та сміттєзвалища та знаходяться в безпосередній близькості від житлових забудов населених пунктів, питання дотримання екологічної безпеки стоять гостро. А з урахуванням того, що стратегія переробки відходів для потреб будівництва поки перебуває на стадії розробок, важливі всі зусилля в такому напрямі.

Розглянута нова технологія будівництва будівель та споруд, що дозволяє більш широко висловити в архітектурному дизайні складні форми, скоротити швидкість зведення будівель, поліпшити їх якість, роботизувати технологічні процеси, зберегти довкілля і зменшити витрати матеріалів. Хоча використання вторинних матеріалів є більш дешевим і залишає порівняно невеликий об'єм сміття і його необхідно транспортувати, вигода все ж таки очевидна.

Ключові слова: аналіз, відходи виробництва, будівництво, будівельні матеріали, технології.

Постановка проблеми. Під час економічної кризи підприємства будь-яких галузей прагнуть знизити собівартість своєї продукції. Це зумовлене насамперед зниженням попиту і збільшенням частки споживання продукції більш низької цінової категорії. Особливо позначилася криза на економіці підприємств будівельної галузі. Падіння попиту на нерухомість і, як наслідок, зниження обсягів фінансування гальмує темпи будівництва аж до заморожування багатьох недобудованих житлових і нежитлових об'єктів.

Один з методів зниження потреби будівництва в коштах – використання різних промислових відходів, залучених або власних відходів у виробництво будівельних матеріалів або під час спорудження, наприклад, фундаментів будівель і деяких інших конструктивних елементів.

Слід наголосити на тому, що значна частина промислових відходів за своїм мінералогічним і хімічним складом не поступається сировині, яка добувається з надр землі. Багато відходів є незамінними складовими сировинними компонентами в отриманні

будівельних матеріалів високої якості. Крім того, використання відходів різних галузей народного господарства для отримання будівельних матеріалів та будівельної продукції сприяє вирішенню проблеми забруднення природного навколишнього середовища, а також (що є дуже важливим аспектом) дозволяє вивільнити величезні площі корисної землі, які зайняті під цими відходами.

Масове накопичення відходів виробництв і споживання свідчить про відсутність або недосконалість технологічних процесів переробки, низьке і нераціональне використання відходів як вторинних матеріальних ресурсів і визначає необхідність вирішення екологічних проблем. Проблема використання відходів – це екологічне завдання регіонального масштабу, а виробництво будівельних матеріалів та продукції з промислових відходів – один з найбільш перспективних методів її вирішення. Для комплексу наявних технологій з переробки та використання відходів у різних сферах економіки, які не мають внутрішніх технологічних зв'язків між собою, необхідна інформаційна база даних наявних і новоутворених відходів, що дозволить встановити вартість вторинної сировини, вимоги до зберігання та переробки відходів для дотримання оптимального природокористування.

Аналіз останніх досліджень. Фундаментальні теоретичні положення і практичні рекомендації екологічно раціонального поводження з відходами виробництва сформульовані в працях: М.І. Агошкова, С.А. Ахраменко, А.В. Долгорева, Б.Б. Бобович, Ю.А. Ізраелл, К.Н. Трубецького, П.А. Ігнатова, Н.М. Качурина, Е.І. Захарова, А.П. Курковського, Б.Н. Ласкоріна, Н.В. Мельникова, Н.М. Моїсеєва, Л.Н. Попова, О.Н. Русака, Н.І. Володіна, Е.М. Соколова, Н.Н. Семенова, А.Ф. Сіманкіна, Н.Н. Чаплигіна, П.І. Боженова, Ю.М. Баженова і багатьох інших.

Ступінь розробки проблеми. Аналіз показав, що наукових публікацій з питань виробництва будівельних матеріалів на основі відходів промислових та інших виробництв не досить, що унеможливлює об'єктивно оцінити експлуатаційну надійність у часі та економічну ефективність їх виготовлення. Крім того, наявні технології переробки відходів вимагають вивчення фізико- механічних властивостей продуктів переробки з метою подальшого їх використання в композиційних будівельних матеріалах та виробах.

Метою роботи є аналіз властивостей, складу і технології відходів промисловості для виробництва на їх основі будівельних матеріалів та конструкцій, впровадження будівельних технологій.

Результати досліджень. Відходами є будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися в процесі виробництва або споживання, а також товари (продукція), які повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не придатні для подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення. З можливих варіантів поводження з відходами варто виділити цілком законні і правильні з економічної, екологічної та соціальної точок зору [1].

Перелік відходів, що використовуються як вторинна вихідна сировина, натепер досить широкий. Для будівельної галузі це: у виробництві будівельних матеріалів – відходи теплових електростанцій і металургії; деякі природні ресурси, які вже були задіяні у виробництві/промисловості та можуть бути використані для виготовлення цементу, кераміки, вапна, скла, бетону і т. д. (відходи використовуються у великотоннажних масштабах). Щоб зробити відходи придатними для подальшого використання, їх необхідно підготувати, адаптувати під відповідні потреби [2].

Щоб налагодити процес переробки, потрібні великі інвестиції і нововведення у законодавчі акти та технології. Спроби максимального використання природних ресурсів, які не підкріплені достатнім знанням можливостей природи, – здатності до відтворення ресурсів і саморегулювання – ведуть до серйозних екологічних наслідків, позаяк з усієї мінеральної сировини, що видобувається у світі як суспільний продукт, використовуються 2%, решта 98% у зміненому стані викидається у вигляді відходів і не застосовується у виробництві [3; 4].

В Україні за останнє десятиліття зросли негативні навантаження індустріального виробництва на природні ресурси: відбувається забруднення земельних угідь і врожаю промисловими викидами в атмосферу. Це особливо характерно для індустріально розвинених і водночас землеробських регіонів України, зокрема Сумської області. Шкідливі речовини з промисловими викидами одного підприємства навіть у концентраціях, менших за гранично допустимі, з'єднуючись з вики-

дами іншого підприємства, можуть токсично впливати на рослини і тварин, забруднювати земельні і водні ресурси, які є ресурсами, задіяними у виробництві (таблиця 1).

На поточний момент розглядається можливість подальшого використання відходів і побічних продуктів виробництва для зниження антропогенного преса на довкілля та земельні ресурси.

Будівництво є основною галуззю виробництва, де можливе використання відходів більшості інших галузей промисловості, причому у великих обсягах, з повним використанням вторинної сировини за рахунок створення безвідходних технологічних процесів, які забезпечують охорону довкілля. Так, переробка макулатури і чорних металів – прибуткова, налагоджена галузь виробництва, широко застосовується будівельними компаніями.

Також набирає обертів використання сучасних дробильно-сортувальних установок безпосередньо на будівельному майданчику. За допомогою цих установок можна переробити залізобетонні елементи будівель, бетонні вироби, асфальтні покриття, цеглу від розбирання будівель у вторинну сировину. Перероблений щебінь і асфальтова крихта можуть застосовуватися у будівництві доріг, улаштуванні фундаментів, дренажів, благоустрою територій. Бій цегли в основному використовують для будівництва тимчасових під'їзних доріг.

Але не тільки вищевказані відходи використовуються в будівництві. Наявні промислові технології дозволяють отримати нові вторинні матеріали з інших елементів демонтажу: з дерев'яних виробів виготовляють різного роду перегородки, вироби покрівельних матеріалів (екоруберойд); перероблене скло використовується для виготовлення рідкого скла; ґрунт від риття котлованів під фундаменти використовують для приготування ґрунтових сумішей.

Складніше піддаються переробці відходи пластика і гуми. Однак завдяки новітнім технологіям переробки цих відходів також можна отримати вторсировину. Подрібнені вироби з гуми застосовують для виробництва ізоляційних матеріалів, підлогових покриттів, звукоізоляційних матеріалів, дренажних матів. Вироби із пластику дробляться, плавляться і перемішуються, готову масу охолоджують. Підготовлений таким чином агломерат повторно подрібнюють і використовують для виготовлення полімерпіщаної маси.

Процес переробки відходів передбачає цілий комплекс потенційних впливів на людське здоров'я і безпеку, а також на навколишнє середовище. Такі дії повинні бути розділені на три категорії, відповідно до трьох основних типів операцій:

– обслуговування і зберігання відходів у їх виробника;

– збір і транспортування;

– сортування, переробка і ліквідація [1].

Необхідно мати на увазі, що ризики, пов'язані зі здоров'ям і безпекою людей, виникають насамперед у тому місці, де відходи виробляються, тобто на виробничому підприємстві або у споживача. Система переробки твердих відходів повинна базуватися на технічних дослідженнях, включаючи такі процедури:

– дослідження та оцінку складу і кількості відходів;

– дослідження технологій збору відходів;

– дослідження способів обробки і ліквідації відходів;

– дослідження, пов'язані з технологією охорони природного середовища від забруднення;

Таблиця 1. Види відходів у різних сферах

Сфера матеріального виробництва			**Сфера споживання**
Промисловість	людське житло	Сільське господарство	людське житло
Радіоактивні відходи	димові гази	Мінерал. добрива	димові гази
Промислові стічні води	побутові стічні води	Біоциди, отруто-хімікати, пестициди	побутові стічні води
Тверді промислові відходи	тверді побутові відходи	Меліоранти ґрунту	тверді побутові відходи
Промислові викиди в атмосферу		Стічні води і тверді відходи тваринних комплексів	Екзогенні хімічні речовини, що використані в побуті

******складено автором на основі [1; 4]*

– дослідження стандартів, пов'язаних з професійним здоров'ям і безпекою;

– аналіз технічної здійсненності переробки відходів [5].

Джерела відходів можуть бути описані на основі різноманітних функцій сучасного суспільства (табл. 2).

Натепер використання промислових відходів для потреб будівельної індустрії становить менше 20% щорічного обсягу їх утворення. Наприклад, у чорній металургії для виготовлення будівельних матеріалів різного призначення використовується незначна частина розплавлених шлаків, а велика частина відвальних шлаків не знайшла застосування. Багаторічні дослідження і методи утилізації відходів у металургії в основному пов'язані з отриманням будівельних матеріалів на основі доменних шлаків. Відходи виробничих комплексів металургійних підприємств є джерелами екологічного неблагополуччя в регіонах: гектар шлакових відвалів здатний завдавати шкоди сусіднім землям у радіусі, як мінімум, 5 гектарів. Водночас відходи підприємств чорної металургії, такі як гранульовані кислі вагранкові шлаки, можуть повністю використовуватися в будівництві. Для прикладу: кислі шлаки Сумського заводу «Центроліт» застосовувалися у виробництві цегли глиняної звичайної, а в молотому вигляді – шлаколужного бетону марок 100 ... 400.

Підприємствами гірничо-добувної і гірничо-хімічної галузей щорічно видобуваються сотні тонн мінеральної сировини, в якій придатні для виробництва будматеріалів попутні мінерали становлять усього близько 10% гірської маси. Багато порід можуть бути застосовані як наповнювачі та домішки у виготовленні бетону, залізобетону, цегли, пористих заповнювачів.

Гірничодобувна промисловість призводить до порушення земної поверхні, вибуття земель із сільськогосподарського обороту і забруднення відходами. На єдиному у Сумській області кар'єрі з видобутку кварцитового щебню за 110 років його експлуатації утворилися величезні відвали побічного продукту, так званого «щеберіту». Цей продукт, що містить кварцовий пісок і подрібнений кварцитовий щебінь фракції 3 ... 10 мм у кіль-

Таблиця 2. Джерела відходів

Вид діяльності	Опис відходів
Промисловість	залишки продукції брак продукції
Гуртова торгівля	брак продукції
Роздрібна торгівля	тара брак продукції органічні відходи (від переробки продуктів харчування) харчові відходи
Споживачі	тара упаковка роздрібних товарів (папір, скло, метал, пластик тощо) відходи від переробки їжі (органічні відходи) небезпечні відходи (хімікати, масла) великогабаритні відходи (старі меблі тощо) садові відходи
Будівництво та знесення	бетон, цегла, залізо, ґрунт тощо
Діяльність інфраструктури	паркові відходи відходи після чистки вулиць шлак, зола і топковий газ у виробленні енергії відходи стічних вод лікарняні відходи
Переробка відходів	брак під час сортування продукти очищення шлаку, золи та топкового газу у разі спалювання

**складено автором на основі [4; 5]*

кості до 15%, не використовується в будівництві через значний вміст гідрослюдистої каолінітової глини. Запаси щебеню у відвалах значні і його можна успішно використовувати як заповнювач у шлаколужних бетонах [4]. Виробництво таких бетонів успішно здійснюється в будівельних організаціях Глухова, Путивля, Конотопа, Кролевця.

Підприємства теплоенергетики є одними з основних забруднювачів навколишнього середовища. Близько 32% земель України забруднені викидами ТЕС [2].

Зарубіжний та вітчизняний досвід засвідчує, що найбільш перспективним є використання золи і паливних шлаків як заповнювачів у виготовленні бетонів і цементів та пористих заповнювачів.

У США золи ТЕС вводяться в бетонну суміш до 5–10% замість цементу і це збільшує щільність і сульфатостійкість бетону. В Україні і за кордоном золи, шлаки та золошлакові суміші від спалювання бурого і кам'яного вугілля, антрациту і горючих сланців використовуються в основному як добавки до бетонів та у виробництві пористих заповнювачів. Наприклад, в Англії золи використовуються як домішки для часткової заміни цементу і піску в конструкційних бетонах в енергетичному будівництві, в Україні – як наповнювач у покрівельних і гідроізоляційних матеріалах.

Найбільш ефективною галуззю застосування шлаків і зол є дорожнє будівництво, де їх використовують для підстилаючих і нижніх шарів основи, часткової заміни в'яжучих для стабілізації ґрунтів, як мінеральний порошок в асфальтобетонах і як добавки в дорожніх цементних бетонах.

За результатами теоретичних досліджень нами розроблена принципова технологічна схема виробництва азбестоцементного в'яжучого і будівельних матеріалів, яка може бути використана на підприємствах азбестоцементної промисловості як допоміжне виробництво.

Технологічна схема передбачає:

1. Транспортування матеріалів: зола ТЕС, склобій, вапняні відходи, кварцовий пісок доставляються залізничним і автотранспортом.

2. Зберігання матеріалів: усі матеріали можуть зберігатися на відкритих майданчиках під навісами.

3. Підготовка компонентів: перед дозуванням усі компоненти попередньо просіваються і в разі необхідності дробляться. За необхідності матеріали просушуються.

4. Дозування всіх компонентів здійснюється за масою і за обсягом.

5. Виготовлення в'яжучого здійснюється у ступінчастому млині ударно відбивної дії.

6. В'яжучий компонент і дрібний заповнювач зі складів подається у витратні бункера, дозується по масі.

7. Приготування суміші здійснюється у стрижневому змішувачі, де відбувається гомогенізація маси.

8. Формування виробів відбувається на пресах методом напівсухого пресування, а так само грануляцією і виготовленням бетонів.

9. Сирець виробів завантажується на вагонетки і надходить на тепловологу обробку.

10. Готові вироби надходять на склад [1; 5; 6].

Під час переробки відходів хімічної та переробної галузей промисловості отримують домішки для бетонів, за допомогою яких регулюють різні властивості сумішей: зменшення витрат цементу; збільшення міцності бетону; поліпшення властивостей бетонної суміші; регулювання процесу твердіння, тепловиділення; скорочення тривалості тепловологої обробки; підвищення морозостійкості, водонепроникності, стійкості в різних агресивних середовищах.

Величезним внутрішньогосподарським резервом будівництва є відходи деревообробного виробництва та лісозаготівель. Кускові відходи від деревообробки, лісозаготівель, стружка, тирса, кора, а також деякі відходи виробництва лісохімічної промисловості – прекрасна сировина для виготовлення різних конструктивно-теплоізоляційних і оздоблювальних будівельних матеріалів і виробів для стін, перекриттів, підлоги, покрівлі, а також для стандартного домобудування. За своїми якостями і вартістю виготовлення продукція з деревних відходів не поступається широко застосовуваним натепер у будівництві матеріалам і виробам із залізобетону, натуральної деревини, пластмас тощо, а за деякими техніко-економічними показниками навіть перевершує їх [6].

Натепер серйозну занепокоєність викликають прогресуючі відходи транспортних засобів (ВТЗ), зокрема, автомобільні шини, які географічно децентралізовані і є місцевою техногенною сировиною практично в усіх регіонах України.

З відомих способів утилізації найбільш масштабним є використання в деяких країнах автомобільних шин як компонента палива цементної промисловості. Однак цей спосіб істотно погіршує екологічний стан регіону за рахунок значного виділення під час спалювання сірчаного ангідриду. Аналіз наявних методів переробки свідчить про те, що найбільш ефективним і менш енерговитратним є механічна переробка шин, що забезпечує роздільне отримання компонентів переробки, таких як гумова крихта, металокорд, текстиль та подальше комплексне застосування їх у будівельній галузі [4].

Використання відходів у виробництві будівельних матеріалів може бути і невигідним, наприклад, у випадках: якщо вартість відходів з урахуванням доставки перевищує загальну вартість основного матеріалу з транспортними витратами.

Еволюція у сфері будівельних технологій, виробництво нових матеріалів стимулює будівельників і проєктувальників бути більш різнобічними, приймати сміливі та неординарні рішення. Будівельна галузь прагне відповідати високим вимогам нинішнього споживача.

Вчені, задіявши технологію 3D-друку і вдосконалену формулу цементу, навчилися друкувати як невеликі конструкції будівельних блоків, так і конструкції для будівництва.

Нова технологія забезпечує повну свободу творчості у проєктуванні будинків. Часто для виробництва «бетону» застосовують будівельні та промислові відходи, а для посилення конструкції – скловолокно, базальт, волокна конопель. Також використовуються різні добавки. Для будівництва будинків пропонується використовувати глинистий розчин – суміш глини і натуральних волокон; суміш водостійкого глинистого в'яжучого з подрібненими відходами полімерів, картону, скла та паперу.

3D-друк дозволяє отримати унікальні бетонні форми без опалубки, істотно скоротивши при цьому витрати живої праці та час здачі об'єкта, що є значною перевагою застосування такої технології [6].

Рис. 1. Розробка програми ресурсозабезпеченості будівництва

**розроблено автором*

Використання в будівництві відходів власних та інших виробництв, впровадження інноваційних технологій спрямоване на досягнення центрального завдання будівельної галузі – ресурсозабезпечення, ефективність якого залежить перш за все від вимог, що висуваються до самих ресурсів. Ми вважаємо за можливе визначити ресурсозабезпечення будівельного підприємства як комплексний процес, спрямований на задоволення потреби будівельної організації у всіх видах необхідних ресурсів у достатньому для безперебійного виробництва обсязі для досягнення стратегічної мети розвитку організації (рис. 1).

Проаналізувавши ситуацію сучасного будівництва, ми прийшли до думки, що дефіцит ресурсів виникає не тільки з причин незбалансованості попиту і пропозиції, недосконалості в налагодженні господарських зв'язків, але і в нерозумній політиці суб'єкта ресурсозабезпечення з використання вторинної сировини (відходів виробництв), формування запасів матеріальних ресурсів, їх оперативного використання.

Будівництво, на відміну від інших галузей, має певний набір відмінностей, особливо в частині постачання ресурсів, що пов'язано з певним об'єктом. Крім того, багато передбачених проєктом ресурсів можуть використовуватися тільки в міру надходження, а не складуватися у вигляді запасів. Це необхідно враховувати, залучаючи відходи виробництв [6].

Висновки. У будівництві питання використання відходів перебуває саме на часі. Відходи промислових виробництв натепер вивчаються локально, з конкретним їх споживанням. Проблему ж доцільно вирішувати комплексно, маючи на меті створення безвідходних технологій, що забезпечують охорону навколишнього середовища. Будівництво є провідною галуззю для вирішення цього завдання.

Як показує аналіз, використання відходів здебільшого дозволяє істотно знизити собівартість будівельної продукції, збільшити або зберегти докризовий рівень прибутку будівельного підприємства і знизити потребу в грошових коштах на придбання сировини і матеріалів.

Вирішення Україною завдань з комплексного використання відходів промисловості у виробництві наповнювачів і домішок є потужним резервом інтенсифікації будівництва у сільській місцевості, додатковим джерелом забезпечення його будівельними матеріалами і конструкціями, утилізації масових відходів і охорони довкілля. З цією метою автором розроблена для впровадження програма ресурсозабезпеченості будівництва.

Література

1. Богінська Л.О. Визначення стратегії розвитку будівельного підприємства. *Електронний науково-практичний журнал «Інфраструктура ринку»*. Випуск 30. Причорноморський науково-дослідний інститут економіки та інновацій, м. Одеса, 2020. С. 123–127.
2. Дворкін Л.І., Пашков І.А. Будівельні матеріали з відходів промисловості. Київ : Вища школа. 1989, 312 с.
3. Толбатов А.В. Инновационная наука, образование, производство и транспорт: Техника и технологии : монография / авт. кол.: Верховлюк А.М., Иванова Т.Н., Копей Б.В., Толбатов В.А., Толбатов А.В. и др. Одесса : Куприенко С.В., 2018. 223 с.: ил., табл. (Серия «Инновационная наука, образование, производство и транспорт». № 1). ISBN 978-617-7414-51-2.
4. Чайковська В.П. Ресурсозбереження у системі управління підприємством. *Збірник наукових праць Національного університету ім. Т.Г. Шевченка. Серія «Економічні науки»*. 2006. № 11. С. 186–193.
5. Закон України «Про відходи» від 05.03.1998 № 187/98-ВР.
6. Кіюцен Л.І. Вторичные ресурсы в производстве строительных материалов: определяем экономическую эффективность использования. *«Справочник экономиста»*. № 10. 2016. URL: https://www.profiz.ru/se/10_2016/.

References

1. Boghinsjka L. (2020). Vyznachennja strateghiji rozvytku budiveljnogho pidpryjemstva [Definition of strategy of development of construction enterprise]. *Elektronnyj naukovo-praktychnyj zhurnal "Infrastruktura rynku"*, Vol. 30, Prychornomorsjkyj naukovo-doslidnyj instytut ekonomiky ta innovacij, m. Odesa, pp. 123–127 [in Ukrainian].
2. Dvorkin L.I., Pashkov I.A. (1989). Budiveljni materialy z vidkhodiv promyslovosti [Building materials from industry waste]. Kyiv: Vyshha shkola. P. 312 [in Ukrainian].
3. Tolbatov A.V. Innovaczionnaya nauka, obrazovanie, proizvodstvo i transport: Tekhnika i tekhnologii: monografiya / avt. kol.: Verkhovlyuk A.M., Ivanova T.N., Kopej B.V., Tolbatov V.A., Tolbatov A.V. i dr. Odessa: Kuprienko S.V., 2018. 223 s.: il., tabl. (Seriya "Innovaczionnaya nauka, obrazovanie, proizvodstvo i transport", No. 1). ISBN 978-617-7414-51-2.

4. Chajkovsjka V.P. (2006) Resursozberezhennja v systemi upravlinnja pidpryjemstvom [Saving resources in the enterprise management system]. *Zbirnyk naukovykh pracj Nacionaljnogho Universytetu im. T.Gh. Shevchenka Serija "Ekonomichni nauky"*. No. 11. Pp. 186–193 [in Ukrainian].
5. Zakon Ukrajiny "Pro vidkhody" (05.03.1998) [The Law of Ukraine "On Waste"] No.187/98-VR.
6. Kiyutsen L.I. (2016) Vtorichnye resursy v proizvodstve stroitel'nykh materialov: opredelyaem ekonomicheskuyu effektivnost' ispol'zovaniya [Secondary resources in the production of building materials: determine the economic efficiency of use]. "*Spravochnik ekonomista"*, No. 10. Retrieved from: https://www.profiz.ru/se/10_2016/ [in Russian].

USE OF PRODUCTION WASTE IN CONSTRUCTION

Abstract. *The problems of accumulation and impact on the environment of industrial (technogenic) industrial wastes are considered and the analysis of possible ways of using secondary products of industrial production at the objects of construction organizations is carried out.*
The expediency of utilization of industrial wastes and wastes of other productions for reception on their basis of building materials and products is analyzed; the classification of industrial waste is provided; the technology of construction waste utilization was developed.
We agree that the evolutionary processes in the field of construction technologies, the introduction of innovative materials contribute to the adoption of bold and extraordinary decisions in the construction industry. The construction industry faces the task of meeting the high demands of today's consumers. However, the development of construction is accompanied by an increase in the negative impact on the environment.
It should be noted that in order to establish the waste recycling process, sufficient investment and changes in the legal framework are needed. However, in the future it is possible to achieve a lower cost of materials, possible savings of natural resources and reduce pollution.
It is confirmed that in today's conditions the problem of waste disposal, which requires increasing the size of areas allocated for landfills and landfills and are in close proximity to residential buildings of settlements, the issue of environmental safety is acute. And given that the strategy of waste recycling for construction is still under development, all efforts in this direction are important.
A new technology of construction of buildings and structures is considered, which allows to express more widely in architectural design complex forms, reduce the speed of construction of buildings, improve their quality, robotize technological processes, save the environment and reduce material costs. Although the use of secondary materials is cheaper and leaves a relatively small amount of waste and needs to be transported, the benefits are still obvious.
Key words: analysis, production wastes, construction, building materials, technologies.

Boginska L.O.
Ph.D., Associate Professor at the Department of Construction Production,
Sumy National Agrarian University, Sumy

УДК 72:625.712.12]–048.78
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.6

Вотінов М.А.
кандидат архітектури, доцент, завідувач кафедри основ архітектурного проєктування,
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків

Чубарова Д.С.
аспірантка кафедри архітектури будівель і споруд та дизайну архітектурного середовища,
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ГУМАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ПАРКІНГІВ

Анотація. *У статті розглядається проблема необхідності модернізації та впровадження інноваційних технологій у проєктування паркінгів. Наведено приклади чотирьох концептів високотехнологічних парковок: CityLift Parking, Robotic Parking Systems, Automated Valet Parking, Stan. Проаналізовано переваги та недоліки кожної з паркувальних систем. У процесі урбанізації проблема ефективного використання простору інтенсивної житлової забудови і формування паркінгів в її умовах стає як ніколи актуальною. У період постіндустріального розвитку міського середовища у середині XX ст. у зв'язку з тотальною автомобілізацією виникає необхідність створення сучасних інноваційних, екологічно безпечних паркінгів, якими натепер наші міста практично не оснащені. Особливо гостро стоїть питання про паркувальний простір у житлових районах, в яких існує проблема хаотичного паркування через неправильну організацію паркувальних зон, що призводить до звуження ширини проїжджої частини; зниження пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі; ускладнення проїзду спецтехніки (сміттєвозів, пожежних машин, автомобілів швидкої допомоги в умовах пандемії та ін.). Будівництво нового житла у великих містах являє собою в основному високоповерхову інтенсивну забудову як варіант найбільш вигідний для забудовників, які своєю чергою приділяють мало уваги організації паркінгів. На поточний момент автомобілі зберігаються у самих невідповідних місцях: на тротуарах, газонах і навіть на дитячих майданчиках. Стихійне паркування в житлових зонах міст призводить до різкого зниження санітарно-гігієнічних показників міського середовища і до негативного впливу на здоров'я городян. Поява великої кількості неорганізованих парковок на територіях житлової забудови призводить до деградації і руйнації ландшафтних компонентів міського середовища, територія яких «захоплюється» місцями зберігання автомобілів. З огляду на те, що, незважаючи на щорічне збільшення числа автомобілів, наша країна ще суттєво відстає від розвинених країн за цим показником, уже наявний рівень автомобілізації перетворює двори житлової забудови міст на неорганізовані автостоянки, що говорить про невирішеність цього питання як у теоретичному, так і у практичному плані.*

Ключові слова: паркінг, нові технології, інноваційне будівництво, гуманізація, CityLift Parking, Robotic Parking Systems, Automated Valet Parking, Stan.

Постановка проблеми. Автомобілізація і розвиток дорожньої інфраструктури протягом усього XX століття виступали критерієм модернізації та економічного прогресу. Стрімке зростання кількості автомобілів на початку XX століття спонукало до створення середовищного об'єкта з певним об'ємно-просторовим рішенням його архітектурного середовища для комфортного обслуговування населення, що володіє автомобілями. Такими об'єктами транспортно-пішохідної інфраструктури для зберігання автотранспортних засобів стали паркінги – підземні, наземні і напівпідземні [1, с. 34].

Перший багаторівневий паркінг був відкритий у центрі Лондона в травні 1901 року. Він являв собою семиповерхову будівлю на 100 машино-місць. Автомобілі на потрібний поверх доставлялися за допомогою електроліфта, а потім уже своїм ходом займали вільне місце. Паркінг виявився затребуваним, тому слідом за ним були побудовані ще дві будівлі

на 200 і 230 машино-місць. Перша підземна парковка з'явилася в Барселоні в 1910 році в будинку, виконаному за проєктом Антоніо Гауді.

Натепер загальна чисельність легкових автомобілів має тенденцію до значного зростання. Починаючи з 1950 року кількість машин у світі стала подвоюватися приблизно кожні десять років. За даними дослідження компанії Wards Auto, в 1970 році на планеті налічувалося 250 млн машин, у 1986 році світовий автопарк складався з 500 млн одиниць техніки, в 2009 році – з 980 млн, а в 2010 році – з 1,015 млрд. За прогнозами Navigant Research уже до 2035 року світовий автопарк досягне 2 млрд одиниць. Зі збільшенням темпу зростання числа індивідуальних транспортних засобів усе більш актуальною є проблема необхідності модернізації та впровадження нових технологій у проєктування паркінгів [2, с. 120–121].

Аналіз останніх досліджень. У наукових дослідженнях приділяється недостатня увага такій проблематиці. Розглядаються лише її окремі аспекти [4, с. 4–5; 5, с. 109].

Мета роботи – розглянути останні тенденції використання інноваційних технологій під час зведення паркінгів різного типу, а також виокремити найпоширеніші світові прийоми будівництва об'єктів такого роду для визначення тем подальших наукових досліджень у цьому напрямі.

Завдання дослідження:

1. Визначити тенденції використання інноваційних технологій будівництва паркінгів.

2. Визначити найпоширеніші прийоми зведення та будівництва паркінгів на прикладі закордонного досвіду.

Результати досліджень. Фахівці почали розробляти різні технології, які зможуть вирішити відразу два завдання – скоротити площу під парковку і збільшити число машино-місць. [3] Уже нині існує, як мінімум, 4 концепти високотехнологічних парковок, які починають впроваджуватися в життя різних країн [6]:

– CityLift Parking;
– Robotic Parking Systems;
– Automated Valet Parking;
– Stan.

CityLift Parking – багатоповерхова автоматизована парковка. У тих місцях, де на землі просто не вистачає місця, найоптимальнішим рішенням буде впровадження парковки у вигляді багатоповерхової будівлі. Нині за такою концепцією забудовує площі компанія CityLift Parking. Кількість поверхів залежить від параметрів проєкту в окремому випадку. Наприклад, парковка The Hive, яка розташовується в Окленді, займає площу, яка знадобилася б для стоянки 7 автомобілів, але за рахунок того, що вона має кілька поверхів, на ній можуть вільно вміститися відразу 39 авто.

Система паркування працює в автоматичному режимі – водій заганяє машину в бокс, здійснює оплату і йде. Платформа відвозить авто в ліфт, піднімає транспортний засіб на потрібний поверх і відвозить на паркувальне місце. Подібні паркінги, за допомогою яких можна економити територію, нині стають популярними у США. Компанія побудувала вже 27 подібних споруд у містах Сан-Франциско та Окленді (рис. 1).

Використання автоматизованих паркувальних систем у разі проєктування паркінгів дозволяє скоротити площу під парковку, при цьому збільшити потенційну кількість машино-місць.

Залежно від типу обладнання такі системи можуть економити до 87% площі від стандартної парковки. Процес отримання автомобіля у дворівневій паркувальній системі займає всього 23 секунди, трирівневій – 40 секунд. У разі зростання поверховості паркінгу економиться більше простору, але при цьому незначно збільшується і час отримання автомобіля. Як правило, воно не перевищує двох хвилин.

Robotic Parking Systems. Ще один ефективний варіант – вертикальна робот-парковка карусельного типу, яку розробляє компанія Robotic Parking Systems. Машина заїжджає в бокс, з якого потім рухається в конвеєрний осередок, а зайнята секція у цей час йде на іншу позицію.

Головна відмінність від інших паркінгів полягає в рухливості. Автомобілі постійно пересуваються за принципом каруселі – звільняють місце для інших авто або виїжджають до власника.

У роботизованому паркінгу кожні в'їзні/виїзні ворота (термінали) можуть обслуговувати 40 автомобілів за одну годину. Час, протягом якого відвідувач може припаркувати машину в терміналі, становить 45 секунд – це міжнародний стандарт. Беручи до уваги сучасні вимоги до бетонних пандусних паркінгів, такі як системи навігації, системи контролю доступу та системи безпеки, можна зробити висновок, що вартість будівництва автоматизованого гаража становить діапазон на 500 паркувальних місць менше, ніж у порівняного гаража з бетонним пандусом.

Рис. 1. Приклад автоматизованої паркувальної системи

Рис. 2. Приклад роботизованої системи паркування

Роботизовані паркувальні системи використовують у середньому на 50% менше земельної площі для такої ж кількості паркувальних місць порівняно зі звичайними паркінгами з бетонним пандусом. Зазвичай бетонні пандуси розраховані максимум на 6 або 7 рівнів, роботизована система паркування може досягати 15 і більше рівнів. Виходячи з цього, роботизована система паркування може забезпечити в 6 разів більше місця для паркування на тій же площі порівняно з бетонним пандусним паркінгом. Також перевагою роботизованих паркінгів є швидкість зведення будівлі: час, необхідний для побудови роботизованої системи паркування під ключ, залежить від розміру проєкту, однак, як правило, його можна виконати від 10 до 14 місяців.

Компанія в 2018 році побудувала парковку в Кувейті на 2314 місць, яку занесли в Книгу рекордів Гіннесса. Роботизована система паркування більш економічна, екологічна і безпечна, ніж будь-який інший міський спосіб парковки (рис. 2).

Automated Valet Parking. Система заснована на взаємодії інтелектуальної

інфраструктури і транспортних засобів. Проєкт, над яким працюють Mercedes-Benz і Bosch, показує принцип роботи парковки майбутнього. Такий концепт позбавить водія від пошуку вільного місця і парковки. Все, що необхідно буде зробити – приїхати в зону висадки, вийти з авто і натиснути в мобільному додатку на кнопку "Park" (рис. 3).

Після цього інтелектуальна система паркування і автопілот машини з'єднуються і автомобіль самостійно поїде на вільне місце. Коридор руху будуватиме сама парковка, в яку вмонтують тисячі датчиків. Повертатися до власника машина теж буде сама.

Проєкт почали створювати ще в 2015 році, протестували в 2017. Зараз система має офіційний дозвіл. Крім того, її встановили і активно експлуатують у гаражі музею Mercedes-Benz – це перша в світі повністю автоматизована парковка (з 4 рівнем автономності).

Перевагою безпілотної парковки є те, що парковка без водія забезпечує більш ефективне використання наявних місць для паркування – на тій же площі розташовується на 20% більше транспортних засобів (офіційна інформація Bosch–Mercedes-Benz). Пов'язано це з тим, що машини паркуються більш щільно і за всіма правилами.

Мінусом такої паркувальної системи є те, що через сенсорні технології, що використовуються в її інфраструктурі, вона підходить тільки для автомобілів з певним устаткуванням, а саме наявністю функцій автопілоту та автопарковки.

Stan. Концепт являє собою робота-паркувальника, який відвозить машину на паркувальне місце.

Нині таких роботів виробляє підприємство Stanley Robotics. Stan є автономним пристроєм, який за допомогою спеціальної платформи фіксує колеса автомобіля, піднімає його і паркує валетом. Валетна парковка передбачає розміщення автомобілів пасажирськими дверима один до одного як можна ближче бортами. Отже, залишається доступ до водійських дверей, а на одній і тій же стоянці можна вмістити більше машин. Тому замість 170 стандартних місць з'являється 270 місць для валетної парковки: необхідності залишати вільне місце з боків авто немає, тому їх можна ставити практично впритул. Також перевагою є те, що клієнту не потрібно брати участь у процесі паркування автомобіля, він завозить авто в бокс і проводить оплату в терміналі, після цього приїжджає робот і відвозить її на вільне місце. Нюансом використання такої системи є те, що для її коректної роботи насамперед необхідно позбутися будь-яких тріщин і нерівностей на дорожньому покритті, а також усунути перешкоди, які можуть заважати роботі робота (рис. 4).

Висновки. Розробки у сфері паркінгу розвиваються з кожним роком. Ймовірно, вже через декілька років більшість країн зможуть уникнути проблеми завантаженості територій.

Рис. 3. Приклад інтелектуальної системи паркування

Рис. 4. Приклад роботи валетної парковки

Формування комфортних і безпечних умов існування людини в житловому середовищі є одним з пріоритетних напрямів містобудування, тому перед архітекторами постало завдання вирішити проблеми формування паркінгів в умовах наявної інтенсивної житлової забудови та розробки нових архітектурно-планувальних рішень житлових комплексів з паркінгами, що дають змогу зводити житлові будівлі на затіснених територіях з достатньою кількістю паркувальних місць.

Таким чином, аналіз паркінгів в умовах інтенсивної житлової забудови у великих і найбільших містах дозволив виявити основні тенденції їх формування:

– кількість автотранспорту не дозволяє розміщувати автомобілі на прилеглій території та вулицях, що ведуть до будинку;

– організація архітектурного середовища місць паркування автомобілів повинна створити можливість забезпечення населення паркінгами з дотриманням як необхідних містобудівних і санітарно-гігієнічних умов, так і екологічного і психологічного комфорту активного і пасивного користування такого роду об'єктами;

– виокремлення різних прийомів формування паркувальної зони для тривалого зберігання і тимчасове паркування автомобілів;

– наявність високотехнологічних конструктивних рішень паркінгів в умовах житлової забудови;

– забезпечення необхідної кількості паркувальних місць за рахунок використання інноваційних технологій паркування;

– необхідність формування нових об'ємно-планувальних рішень паркінгів;

– дослідження нових технічних розроблень у галузі проєктування систем зберігання автотранспорту.

У XXI ст. необхідно створити більш гуманну організацію паркінгів в умовах інтенсивної житлової забудови з використанням ефективних містобудівних засобів і нових технологій.

Література

1. Вотінов М.А. Гуманізація транспортно-пішохідної інфраструктури крупнішого міста : монографія / М.А. Вотінов, О.В. Смірнова. Харків. нац. ун-т. міськ. гос-ва ім. О.М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2020. 99 с.

2. Вотінов М.А. Паркінги як об'єкти гуманізації середовища / М.А. Вотинов, Д.С. Чубарова. *Науково-технічний вісник КНУБА «Сучасні проблеми архітектури та містобудування»*. Київ : КНУБА, № 53, 2019. С. 116–125.

3. Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Архітектурне проєктування: наземний гараж для легкових автомобілів на 150 машино-місць» (для студентів 2 курсу денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 191 «Архітектура та містобудування»). Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова / уклад.: М.А. Вотінов, О.В. Смірнова, А.Г. Солнцев, Д.С. Чубарова. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. 70 с.

4. Голубева Е.А. Гуманизация архитектурной среды паркингов в структуре города: на примере г. Екатеринбурга : диссертация кандидата архитектуры : 18.00.01. Екатеринбург, 2007. 172 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-18/42.
5. Дуванова И.А. Оптимизация организации парковочного пространства в условиях жилой застройки / И.А. Дуванова, Т.Л. Симанкина. *Строительство уникальных зданий и сооружений*, № 2(41), 2016. С. 108–117.
6. Майбутнє парковок: ідеї, які вже втілюються в реальність. *Пабліш Україна: Транспорт,* 17 грудня 2020. URL: https://publish.com.ua/transport/majbutne-parkovok-ideji-yaki-vzhe-vtilyuyutsya-v-realnist.html.

References

1. Votinov M.A. (2020). Humanization of transport and pedestrian infrastructure of a larger city: a monograph. O.M. Beketov National University of Municipal Economy in Kharkiv. KhNUMG them. O.M. Beketova, 2020. 99 p.
2. Votinov M.A. (2019). Parking lots as objects of humanization of the environment. Modern problems of architecture and urban planning. Kiev: KNUBA. Iss. 53, 313–320.
3. Votinov M.A. (2021). Methodical recommendations for conducting practical classes and organizing independent work on the subject "Architectural design: ground garage for cars with 150 cars" (for 2nd year full-time students of the first (bachelor's) level of higher education in the specialty 191 "Architecture and Urban Planning"). Kharkiv. nat. un-t city household named after O.M. Beketov. Kharkiv: KhNUMG named after O.M. Beketov, 2021. 70 p.
4. Golubeva E.A. (2007). Humanization of the architectural environment of parking lots in the structure of the city: by the example of Yekaterinburg: dissertation of the candidate of architecture: 18.00.01. Ekaterinburg, 172 p.
5. Duvanova I.A. (2016). Optimization of the organization of parking space in residential development. Construction of unique buildings and structures, P. 108–117.
6. The future of parking: ideas that are already being realized. Publish Ukraine: Transport, December 17, 2020. Retrieved from: https://publish.com.ua/transport/majbutne-parkovok-ideji-yaki-vzhe-vtilyuyutsya-v-realnist.html.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AS A MEANS OF HUMANIZATION OF PARKING CONSTRUCTION

Abstract. *The article considers the problem of the need to modernize and introduce innovative technologies in the design of parking lots. Examples of four concepts of high-tech parking are given: CityLift Parking, Robotic Parking Systems, Automated Valet Parking, Stan. The advantages and disadvantages of each of the parking systems are analyzed. In the process of urbanization, the problem of efficient use of space for intensive housing and the formation of parking lots in its conditions becomes more relevant than ever. In the period of post-industrial development of the urban environment in the middle of the twentieth century. Due to total motorization, there is a need to create modern innovative, environmentally friendly parking lots, which our cities are currently practically not equipped with. Particularly acute is the issue of parking space in residential areas where there is a problem of chaotic parking due to improper organization of parking areas, which leads to a narrowing of the width of the carriageway; reducing the capacity of the road network; complicating the passage of special equipment (garbage trucks, fire trucks, ambulances in a pandemic, etc.). Construction of new housing in larger cities is mainly high-rise intensive construction, as the most profitable option for developers, who in turn pay little attention to the organization of parking lots. At present, cars are stored in the most inappropriate places: on sidewalks, lawns and even on playgrounds. Spontaneous parking in residential areas of cities leads to a sharp decrease in sanitary and hygienic indicators of the urban environment and to a negative impact on the health of citizens. The emergence of a large number of unorganized parking lots in residential areas leads to the degradation and destruction of landscape components of the urban environment, the territory of which is "captured" by car storage spaces. Given that, despite the annual increase in the number of cars, our country still lags far behind more developed countries in this regard, the existing level of motorization turns urban housing into unorganized parking lots, which indicates the unresolved issue as in theoretical and practical terms.*

Key words: parking, new technologies, innovative construction, humanization, CityLift Parking, Robotic Parking Systems, Automated Valet Parking, Stan.

Votinov M.A.
Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Fundamentals of Architectural Design,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv
Chubarova D.S.
Postgraduate Student at the Department of Architecture of Buildings and Structures
and Architectural Environment Design,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv

УДК 621.86(075.8)
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.7

Гаврюков О.В.
д.т.н., завідувач кафедри машинобудування,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
м. Краматорськ, Донецька область

УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОНУ ПІД ЧАС ЗВЕДЕННЯ ВИСОТНИХ СПОРУД

Анотація. *Підвищення продуктивності і зниження енергоємності устаткування, що транспортує бетон під час будівництва висотних споруд є актуальним завданням.*
Бетон може подаватися до місця укладання: в баддях баштовим або стріловим краном, у прийомних бункерах шахтним підйомником, у ковшах приставним підйомником, по трубопроводах бетононасосом.
Під час транспортування бетону в баддях, прийомних бункерах, ковшах маємо знижену продуктивність транспортування, що пов'язана з циклічною роботою устаткування.
У разі безперервного транспортування бетону бетононасосами маємо досить велику енергоємність і жорсткі вимоги до компонентів суміші, обмежену висоту подачі.
У роботі запропоноване високопродуктивне, енергозберігаюче і надійне устаткування подачі бетону, складниками якого є модернізований баштовий кран і бетонорозподільча стріла. На башті модернізованого крана встановлено ковшовий елеватор з приймальним і розвантажувальним бункером. Розвантажувальний бункер пов'язаний з бетонорозподільчою стрілою бетоноподавальними трубами.
Застосування модернізованого баштового крана, обладнаного ковшовим елеватором з бетонорозподільчою стрілою, дозволить: забезпечити безперервну подачу бетону на значну висоту; витрачати енергію устаткування тільки на підйом суміші; транспортувати сипкі матеріали і бетони різних марок; подавати бетон у будь-яку точку будівельного майданчика; силами власної ваги бетону забезпечити транспортування суміші по бетоноподавальних трубах.
Ключові слова: будівництво висотних споруд, подача бетону, безперервне транспортування, модернізований баштовий кран, бетонорозподільча стріла, ковшовий елеватор, підвищена продуктивність, знижена енергоємність, бетоноподавальні труби, бетони різних марок.

Постановка проблеми. Висотне будівництво – це закономірний результат розвитку сучасного мегаполісу, що пов'язаний з вигідністю вкладення коштів за умови правильного девелопменту проєкту. Перші хмарочоси зводилися на основі сталевого каркасу. Починаючи з 60-х років з'явилися комбіновані сталезалізобетонні каркаси. В останнє десятиліття монолітний залізобетон став домінуючим конструктивним матеріалом хмарочосів в Європі, Південно-Східній Азії та Персидському заливі [1, с. 6], тому підвищення продуктивності і зниження енергоємності устаткування, що транспортує бетон під час зведення висотних споруд, є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час зведення висотних споруд бетон може подаватися до місця укладання: у баддях баштовим або стріловим краном; у прийомних бункерах шахтним підйомником, у ковшах приставним підйомником (рис. 1), по трубопроводах бетононасосом (рис. 2) із застосуванням або без бетонохобота [2; 3, с. 5].

В окремих випадках застосування декількох транспортних пристроїв, один з яких транспортує бетонну суміш на робочу висоту, а інші на цій висоті розносять у місця укладання, дозволяє підвищити продуктивність транспортування бетону. Відомий досвід застосування декількох бетононасосів для подачі бетону до місця укладання

наведений у роботі фірми «Путцмайстер» [3, с. 5] (рис. 2).

Між тим відомо, що бетононасос є досить енергоємним устаткуванням, а до бетону, що транспортується бетононасосом, висуваються такі вимоги [4]:

– для виробництва суміші повинен застосовуватися цемент з добавками-пластифікаторами;

– найкраще співвідношення води до цементу – 0,5–0,65 і тут потрібно відшукати баланс, за якого він не повинен бути сильно рідкий, позаяк втрачає міцність, і не сильно сухий, позаяк втрачає пластичність;

– клас рухливості не менше П2, П3, але бажано П4 і П5, тому що необхідна осаду конуса бетону для бетононасоса з гідравлічним приводом становить 40–120 мм, а для механічного приводу – 70–140 мм. Мала рухливість розчину або сильне його розшарування здатне привести до множинних закупорок по всій довжині бетоноводу;

– на легкість перекачування впливає величина фракції наповнювача. Діаметр щебеню

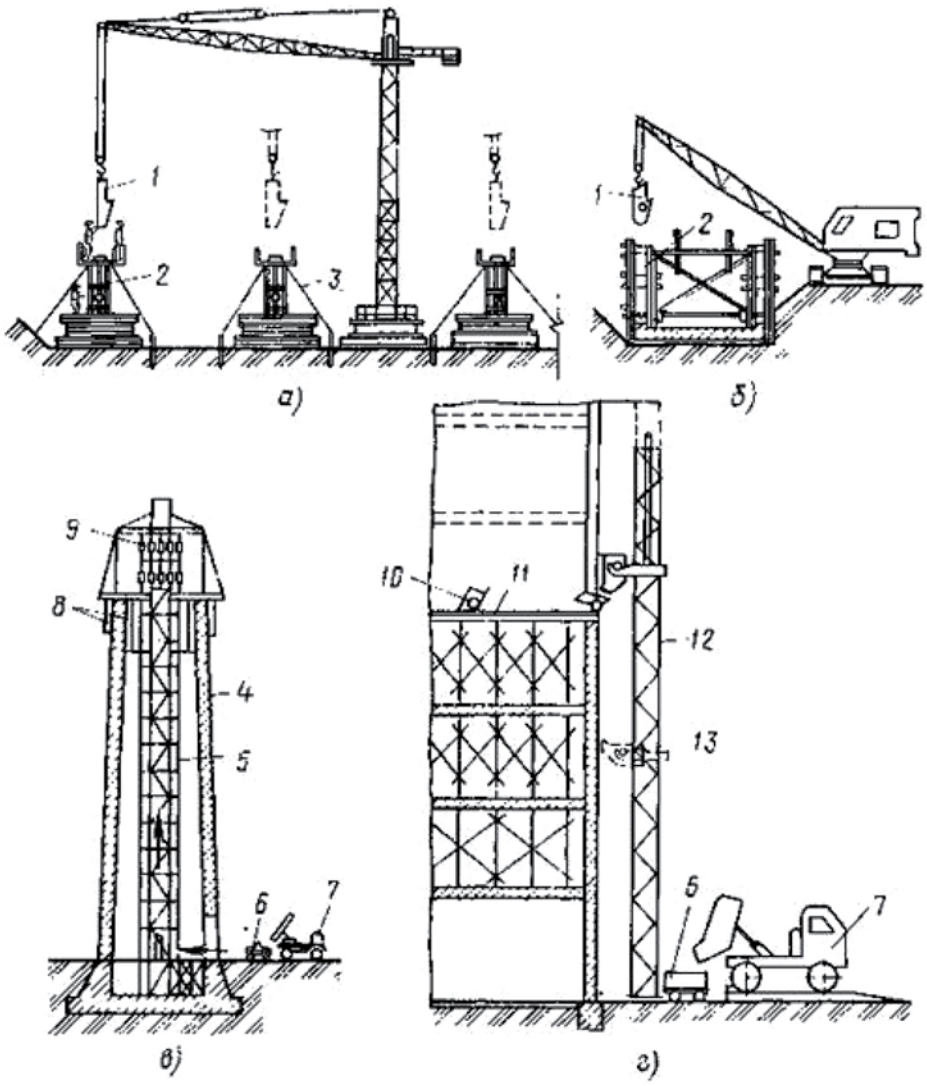


Рис. 1. Схема подачі бетонної суміші за допомогою баштового (а) і стрілового кранів (б), шахтних (в) і приставних (г) підйомників

1 – баддя з бетонною сумішшю, 2 – опалубка, 3 – розтяжки, 4 – бетонована труба, 5 – шахтний підйомник, 6 – приймальний бункер, 7 – автобетоновоз, 8 – підйомно-переставна опалубка, 9 – підйомна головка, 10 – візок, 11 – бетоноване перекриття, 12 – стієчний підйомник, 13 – ковш з бетонною сумішшю

не повинен перевищувати 30% від внутрішнього діаметра бетоновода, а розмір гравію – 40%. Таким чином, у разі стандартного діаметра труби бетоновода 125 мм щебінь повинен бути не більшим за 37 мм, а гравій – 40 мм;

– перекачування керамзитобетону не бажано (більшість власників бетононасосів не беруться прокачувати керамзитобетон). Під тиском у транспортному трубопроводі відбувається «вдавлення» води в пори керамзиту, в результаті суміш стрімко густіє і «встає» в трубопроводі;

– бетон, що використовується, повинен відповідати вимогам ГОСТу. Якщо поломка бетононасосу викликана перекачуванням невідповідної суміші, то компанія-виробник знімає техніку з гарантії.

У роботі [1, с. 6] вказується, що для забезпечення виконання робіт на висоті до 130–140 м використовують приставні баштові крани, які прикріплюються до конструкцій будівлі. У разі більшої висоти оптимальність використання приставного баштового крана вичерпується, тому для зведення споруд висотою більше 130 м використовують самопідйомні крани [1, с. 6; 5, с. 5].

Аналіз наведених досліджень і публікацій показав, що:

– під час зведення висотних споруд доцільно використовувати самопідйомні баштові крани;

– застосування декількох транспортних пристроїв, один з яких транспортує бетон на робочу висоту, а інші на цій висоті його розносять у місця укладання, дозволяє підвищити продуктивність будівельних робіт;

– до бетону, що транспортується бетононасосом, висуваються жорсткі вимоги;

– бетононасос є енергоємним і не завжди надійним транспортним устаткуванням.

Мета роботи – запропонувати високопродуктивне, енергозберігаюче і надійне устаткування для транспортування бетону під час зведення висотних споруд.

Виклад основного матеріалу. Для подачі бетону до місця укладання пропонується застосувати кран з бетонорозподільчою стрілою, обладнаний ковшовим елеватором, приймальним і розвантажувальним бункером (рис. 3) [6, с. 3].

Кран з бетонорозподільчою стрілою складається безпосередньо з: приставного баштового крана 1, ковшового елеватора 2, розвантажного бункерного пристрою 3, приймального бункерного пристрою 4, бетоноподавальних труб 5, бетонороздавальної

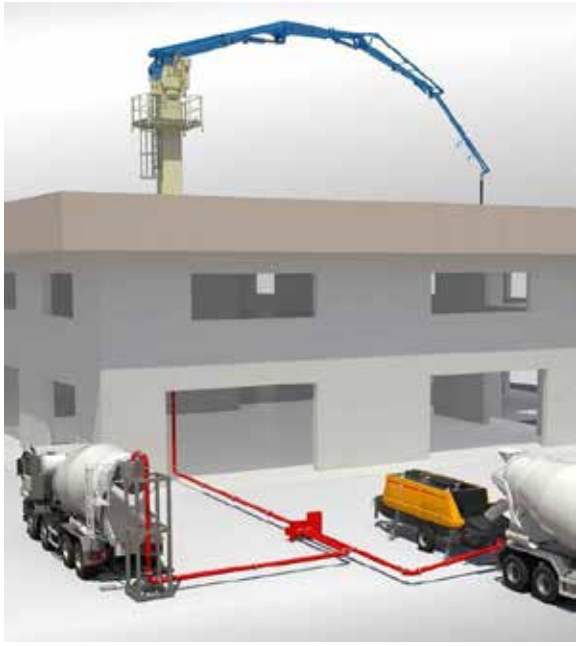


Рис. 2. Застосування стаціонарних бетононасосів у комплекті з бетононасосами бетонорозподільчих стріл

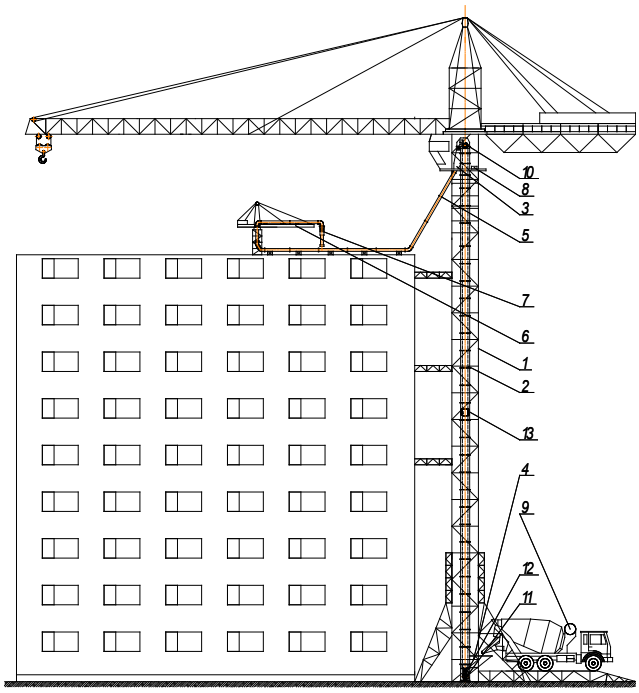


Рис. 3. Кран з бетонорозподільчою стрілою

стріли 6, віброхобота 7, компресора 8. Загрузка бетону в розвантажувальний бункерний пристрій 3 виконується з автобетонозмішувача 9 (рис. 3).

До складу ковшового елеватора 2 входить: приводний 10 і натяжний барабан 11, натяжний пристрій 12, ланцюг з ковшами 13 (рис. 3).

Кран з бетонорозподільчою стрілою працює таким чином.

Перед початком роботи бетонорозподільча стріла 6 встановлюється в технологічно зручному місці і до неї монтуються бетоноподавальні труби 5. Віброхобот 7 підводять до місця укладки бетонної суміші. Після включення ковшового елеватора 2 у приймальний бункерний пристрій 4 з автобетонозмішувача 9 подається бетон. Ковшами 13 бетон подається в верхню точку елеватора 2, де вивантажується в розвантажувальний бункерний пристрій 3. З бункерного пристрою 3 під своєю вагою бетон по трубах 5 подається до місця установки віброхобота 7. Якщо сили опору руху бетону по трубах 5 не дозволяють бетону пройти повний шлях по трубах 5, то додатково включається компресор 8, який створює тиск у камері розвантажувального бункерного пристрою 3.

Для узгодженості дій усіх операторів, що беруть участь в управлінні крана з бетонорозподільчою стрілою, процес подачі бетонної суміші може бути безперервний.

Очевидно, що застосування ковшового елеватора (рис. 5) дозволить витрачати енергію тільки на підйом бетонної суміші (робоча гілка елеватора врівноважує холосту). Рух бетону по бетоноподавальних трубах можливий під дією сил власної ваги. Можливе транспортування різних марок бетону.

Під час проєктування запропонованого конструктивного рішення, крім вибору обладнання і виявлення його оптимальних параметрів, необхідно провести конструкторсько-теоретичні дослідження, що стосуються розрахунку міцності металоконструкцій баштового крана.

У разі виконання розрахунку на міцність слід врахувати масу металоконструкцій крана, ковшового елеватора, розвантажувального бункерного пристрою з бетоноподавальними трубами, а також коефіцієнта динамічності ковшового елеватора. Під час подачі стисненого повітря в розвантажувальний бункер від виносного трубопроводу масу компресора можна не враховувати.

Висновки. У разі застосування запропонованої конструкції баштового крана з бетонорозподільчою стрілою, обладнаного ковшовим елеватором:

– енергія буде витрачатись тільки на підйом бетонної суміші і силу тертя в механізмах. Вантажна гілка елеватора врівноважує порожню, тому енергія на підйом тяговонесучого органу (на робочу висоту) дорівнює нулю;

– можливий рух бетону по бетоноподавальних трубах під дією сили власної ваги;

– можливе транспортування сипких матеріалів і бетону різних марок;

– можливе безперервне транспортування бетону на досить велику висоту з високою продуктивністю. Висота транспортування обмежується потужністю двигуна і міцністю тягового ланцюга елеватора, міцністю металоконструкцій крана.

Недоліком баштового крана з бетонорозподільчою стрілою є досить висока металоємність запропонованої конструкції.

Література

1. Терновий В.І. Зарубіжний досвід висотного будівництва. / Терновий В.І., Масельський С.О. *Теорія і практика будівництва* : науково-технічний журнал. Київ : КНУБА, 2012. № 10. С. 5–7.

2. Бетонные смеси: приготовление, транспортирование и укладка. URL: https://perekos.net/pages/view/1289.

3. Стационарные бетонораспределительные стрелы MX. URL: https://www.putzmeister.ru/upload/iblock/637/stacionarnye_raspredelitel_nye_strely_mx_2016.pdf.

4. Основные требования к бетону для бетононасоса. URL: http://bbrands.ru/kakoj-nuzhen-beton-dlya-betononasosa/

5. Назаренко І.І. Огляд сучасної вантажопідйомної техніки. / Назаренко І.І., Свідерський А.Т., Заліско І.І., Коваленко С.А., Кравчук Ю.І., Шепетько В.А., Кобижський М.Г. *Теорія і практика будівництва* : науково-технічний журнал. Київ : КНУБА, 2010. № 6. С. 3–16.

6. Заявка на винахід України № a201903803 «Кран з бетонорозподільчою стрілою». Назаренко І.І., Гаврюков О.В. Дата подачі заявки: 12.04.2019 р.

References

1. Ternovy V.I. Foreign experience in high-rise construction. / Ternovy V.I., Maselsky S.O. Theory and practice of construction. Scientific and technical journal. Kyiv: KNUBA, 2012. No. 10. P. 5–7.
2. Concrete mixes: preparation, transportation and placement. Retrieved from: https://perekos.net/pages/view/1289.
3. Stationary concrete placing booms MX. Retrieved from: https://www.putzmeister.ru/upload/iblock/637/stacionarnye_raspredelitel_nye_strely_mx_2016.pdf.
4. Basic requirements for a concrete pump. Retrieved from: http://bbrands.ru/kakoj-nuzhen-beton-dlya-betononasosa/.
5. Nazarenko I.I. Review of modern lifting equipment. / Nazarenko I.I., Svidersky A.T., Zalisko I.I., Kovalenko S.A., Kravchuk Y.I., Shepetko V.A., Kobyzhsky M.G. Theory and practice of construction. Scientific and technical journal. Kyiv: KNUBA, 2010. No. 6. P. 3–16.
6. Application for the invention of Ukraine No. a201903803 "Crane with concrete distribution boom". Nazarenko I.I., Gavryukov O.V. Date of application 12.04.2019.

EQUIPMENT FOR TRANSPORTATION OF CONCRETE DURING ESTABLISHMENT OF HEIGHTWEAR STRUCTURES

Abstract. *Increasing productivity and reducing the energy consumption of concrete transport equipment during the construction of high-rise buildings is an urgent task.*

Concrete can be delivered to the place of laying: in buckets by a tower or jib crane; in receiving hoppers with a mine hoist, in buckets with an attached hoist, through pipelines with a concrete pump. When transporting concrete in buckets, receiving hoppers, buckets, we have a reduced transportation performance due to the cyclic operation of the equipment.

With the continuous transportation of concrete by concrete pumps, we have a sufficiently high energy consumption and strict requirements for the components of the mixture, a limited delivery height.

The paper proposes a high-performance, energy-saving and reliable equipment for concrete feeding, the components of which are a modernized tower crane and a concrete distribution boom. A bucket elevator with a receiving and unloading hopper is installed on the tower of the modernized crane. The unloading hopper is connected to the concrete distribution boom with concrete pipes.

The use of a modernized tower crane equipped with a bucket elevator with a concrete distribution boom will allow: to ensure continuous supply of concrete to a considerable height; waste equipment energy only for raising the mixture; transport bulk materials and concrete of various brands; supply concrete to any point on the construction site; by means of own weight of concrete to ensure the transportation of the mixture through concrete pipes.

Key words: construction of high-rise structures, concrete supply, continuous transportation, modernized tower crane, concrete distribution boom, bucket elevator, increased productivity, reduced energy consumption, concrete feeding pipes, concrete of various grades.

Gavryukov O.V.
Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Mechanical Engineering,
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Donetsk region

УДК 624.044:624.041.6
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.8

Кравченко С.А.
к.т.н., доцент, доцент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

Постернак О.О.
к.т.н., доцент, доцент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

Зінченко С.В.
к.т.н., асистент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

Агаєва О.А.
к.т.н., асистент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

Столевич І.А.
к.т.н., доцент, доцент кафедри опору матеріалів,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ І ДЕФОРМАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НА ЦЕМЕНТНО-ЗОЛЬНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

Анотація. *Вирішення багатьох завдань сучасного будівництва й одночасно екологічних, ресурсозберігаючих і економічних проблем можливе за рахунок застосування місцевих пористих заповнювачів і багатокомпонентних в'яжучих для виготовлення легких бетонів. Власна маса несучих конструкцій з легких бетонів до 1,5 раза менша, ніж аналогічних конструкцій з важких бетонів.*

У роботі із застосуванням математико-статистичного методу планування експерименту розроблені раціональні склади конструкційного керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому міцністю 15,2...26,2 МПа і середньою щільністю 1400...1700 кг/м^3.

Отримані та проаналізовані рівняння регресії, які рекомендується використовувати для визначення міцності, щільності й модуля пружності керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому.

Аналіз рівнянь регресії показав, що витрата карбонатного піску й витрата керамзиту значно впливають на щільність керамзитобетонної суміші й щільність бетону, витрата золи-виносу впливає менше. На кубикову міцність керамзитобетону на карбонатному піску найбільший вплив має витрата цементу, золи й керамзиту. Міцність керамзитобетону лінійно пропорційна витраті цементу й золи, але збільшення витрати цементу підвищує міцність бетону у разі стиску до певної межі.

Визначено, що середня витрата всіх складників бетону дає можливість одержання міцності від 14,5 до 20,5 МПа. У разі збільшення розчинного складника міцність збільшується. Випробувані зразки після тепловологісної обробки й нормального твердіння мають приріст міцності у середньому на 20%. З підвищенням витрати в'яжучого від 320 до 500 кг/м^3 спостерігається приріст міцності до 23%. Призмова міцність зростає у разі збільшення витрати в'яжучого й віку бетону, а для агрегатно-структурного фактора вплив на призмову міцність зворотний.

Модуль пружності підвищується у разі збільшення витрати в'яжучого, а для агрегатно-структурного фактора дія на нього зворотна.

За результатами дослідження кубикової міцності слід зазначити, що у разі заміни частки цементу на 20–35% золою міцність керамзитобетону на карбонатному піску й цементно-зольному в'яжучому не зменшується.

Ключові слова: керамзитобетон, цементно-зольне в'яжуче, міцність, модуль пружності, склад.

Вступ. Останніми роками увага зосереджена на розробці й застосуванні конструкцій з використанням нових матеріалів і компонентів, що мають поліпшені теплоізоляційні та експлуатаційні властивості. У разі раціонального проєктування конструктивних систем, будинків слід ураховувати, що власна маса несучих конструкцій з легких бетонів завдяки їх низькій щільності до 1,5 раза менша, ніж аналогічних конструкцій з важких бетонів.

Проблема використання легких бетонів є актуальним завданням, оскільки передбачає вирішення багатьох завдань сучасного будівництва й одночасно екологічних, ресурсозберігаючих та економічних проблем за рахунок застосування місцевих пористих заповнювачів і багатокомпонентних в'яжучих [1].

Матеріали й методи дослідження. Матеріали, використані для виготовлення зразків, мали такі характеристики:

– керамзитовий гравій 5...10 мм, нефракціонований Кулиндорівського індустріального концерну «Інто-Строй», марки за насипною щільністю М 600, умовною міцністю в циліндрі, рівній 2,8...3,0 МПа;

– пісок карбонатний Біляєвського кар'єру;

– цемент М 400 Криворізького заводу – ДСТУ Б В.2.7-112-2002;

– зола-виносу Ладижинської ТЕС – ГОСТ 25818-91;

– суперпластифікатор С-3 – ТУ-2481-001-51831493-00.

Для добору раціонального складу керамзитобетону на карбонатному піску й цементному в'яжучому з додаванням золи-виносу використовувався метод математичного планування експерименту [2].

У роботі застосований повний факторний експеримент відповідно до методики [3]. Для реалізації прийнятий близький до Д-оптимального трирівневий план типу B_4. Досліджувані фактори та рівні їх варіювання наведені в табл. 1.

Для добору оптимальних складів бетону була отримана модель «склад-властивість» у вигляді полінома другому ступеня, що виражає залежності впливу досліджуваних факторів на властивості бетону:

$$¥ = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{i=1}^{k} b_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j}^{k} b_{ij} x_i x_j \qquad (1)$$

Результати дослідження. Склади дозувалися за вагою [4]. Значення витрати цементу і води приймалися з урахуванням рекомендацій [1], агрегатно-структурний фактор прийнятий у межах $0,4 \le r = М/(М+К) \le 0,7$ відповідно до рекомендацій [1].

Розшарування бетонної суміші в процесі проведення експерименту не спостерігалося. Це пояснюється тим, що були отримані тверді й малорухомі суміші, а в'язкості цементно-зольного тесту й розчину було досить для запобігання розшарування.

Після обробки експериментальних даних для керамзитобетону на карбонатному піску і цементно-зольному в'яжучому були отримані такі ЕС- моделі:

$$\ln(\rho_0) = 7,440 + 0,034x_1 + 0,012x_1^2 + 0,004x_1x_2 - 0,004x_3x_4 + 0,015x_2 - 0,015x_3^2 - 0,005x_1x_3 + 0,091x_3 + 0,052x_4; \qquad (2)$$

Таблиця 1. Рівні варіювання факторів

Фактори		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральний вид	Кодований вид	-1	0	+1	ΔX
Витрата цементу Ц, кг/м³	X_1	250	300	350	±50
Витрата золи-виносу З, кг/м³	X_2	90	120	150	±30
Витрата піску П, кг/м³	X_3	270	360	450	±90
Витрата керамзиту К, кг/м³	X_4	550	700	850	±150

$$\ln(f_{пп}) = 2{,}878+0{,}169x_1+0{,}067x_1^2-0{,}045x_1x_2+0{,}054x_2x_3+0{,}064x_2-0{,}072x_3^2+0{,}055x_4-0{,}066x_4^2; \quad (3)$$

$$\ln(\rho_{сух}) = 7{,}363+0{,}034x_1+0{,}011x_1^2+0{,}004x_1x_2-0{,}003x_2x_3+0{,}015x_2-0{,}015x_3^2-0{,}005x_1x_3+0{,}097x_3+0{,}054x_4; \quad (4)$$

$$\ln(f_{28}) = 3{,}036+0{,}190x_1-0{,}049x_3^2-0{,}054x_1x_2+0{,}052x_2x_3+0{,}088x_2+0{,}059x_4. \quad (5)$$

Рівняння регресії (2...5) побудовані з використанням типової версії COMPEX-99, що реалізує послідовний регресійний аналіз з генеруючою помилкою експерименту s{T}=0,028 при α=0,022.

ЕС-моделі щільності й міцності бетону є адекватними для прийнятого рівня довірчої імовірності, тому що $F_р \le F_т$. Отже, ці рівняння доцільні для проєктування складів з керамзитобетону на карбонатному піску й цементно-зольному в'яжучому міцністю 15,2...26,2 МПа й щільністю 1400...1700 кг/м^3.

Аналіз рівнянь (2...4) по знаках і величині коефіцієнтів у лінійних факторах і їх добутках дозволяє судити про напрямок регулювання й порівняльного ступеня кожного фактора. Так, фактори x_3 (витрата карбонатного піску) і x_4 (витрата керамзиту) значно впливають на щільність керамзитобетонної суміші й щільність бетону. Найменше на щільність впливає витрата x_2 (золи-виносу).

У рівняннях (3) і (5) кубикової міцності керамзитобетону на карбонатному піску найбільші значення мають x_1 (витрата цементу), x_2 (витрата золи) і x_4 (витрата керамзиту). Незначимість коефіцієнта x_3 (витрата піску) свідчить про те, що вплив цього фактора на міцність керамзитобетону незначний.

Графічна інтерпретація отриманих рівнянь у залежності щільності суміші й бетону, а також міцності після тепловологісної обробки й нормального твердіння керамзитобетону від факторів x_2, x_3, x_4 у разі фіксованого x_1 показана на діаграмах у вигляді куба (рис. 1–4).

Аналіз отриманих залежностей дозволив установити граничні значення факторів, що варіюються (ЦЗ = 340–500 кг/м^3; r = 0,4–0,6) і призначити склади конструкційного керамзитобетону класів С8/10–С16/20.

З діаграм на рис. 1 (а, б, в) видно, що за мінімальної, середньої і максимальної витрати цементу істотний вплив на щільність суміші виявляють витрата керамзиту – 27% і карбонатного піску – 48%. Цю закономірність можна помітити й на діаграмах щільності бетону (рис. 2 а, б, в).

Міцність керамзитобетону лінійно пропорційна витраті цементу й золи, але збільшення витрати цементу підвищує міцність бетону у разі стиску до певної межі.

На діаграмах у вигляді куба (рис. 3) показані ізоповерхні міцності керамзитобетону після тепловологісної обробки. Слід зазначити, що середня витрата всіх складників бетону дає можливість одержання міцності від 14,5 до 20,5 МПа. У разі збільшення розчинного складника міцність збільшується.

Випробувані зразки після тепловологісної обробки й нормального твердіння мають приріст міцності у середньому 20%. На рис. 4 показаний вплив факторів складу на кубикову міцність керамзитобетону, випробуваного на 28-у добу. З підвищенням витрати в'яжучого від 320 до 500 кг/м^3 спостерігається приріст міцності до 23%.

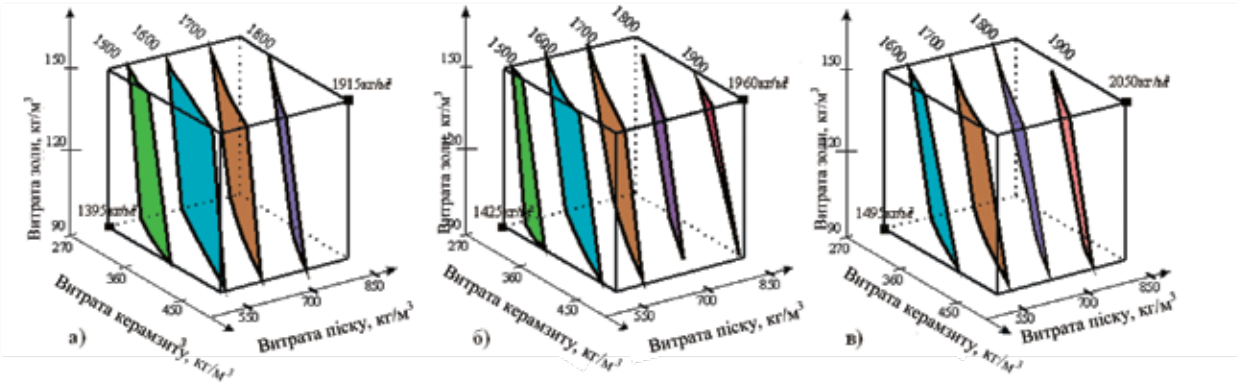


Рис. 1. Вплив факторів складу на щільність суміші (а, б, в) у разі витрати цементу 250, 300, 350 кг/м^3

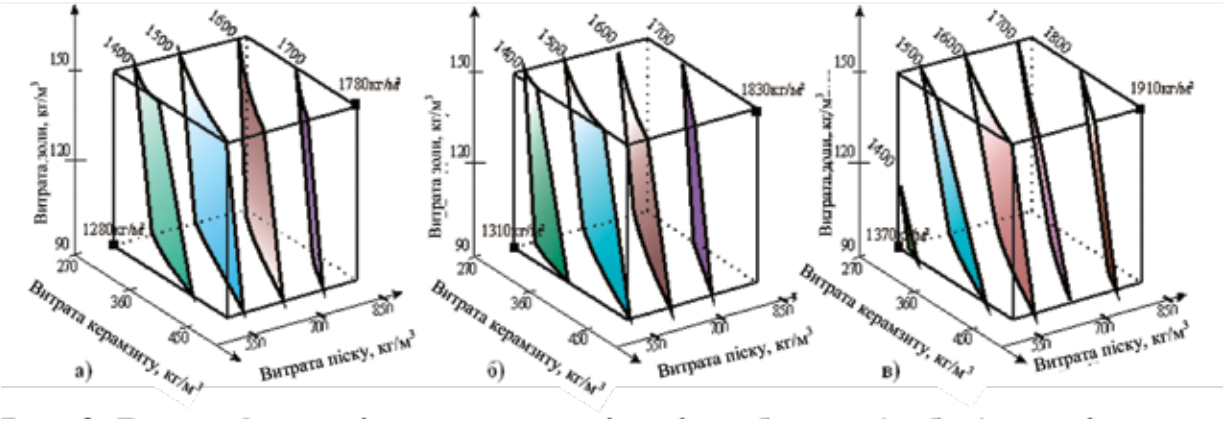


Рис. 2. Вплив факторів складу на щільність бетону (а, б, в) у разі витрати цементу 250, 300, 350 кг/м³

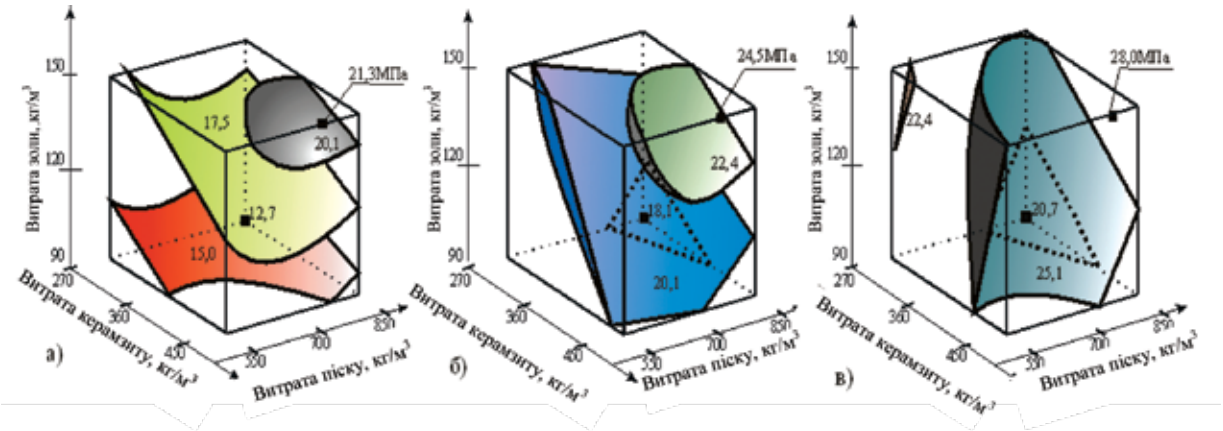


Рис. 3. Вплив факторів складу на кубикову міцність після тепловологісної обробки (а, б, в) у разі витрати цементу відповідно 250, 300, 350 кг/м³

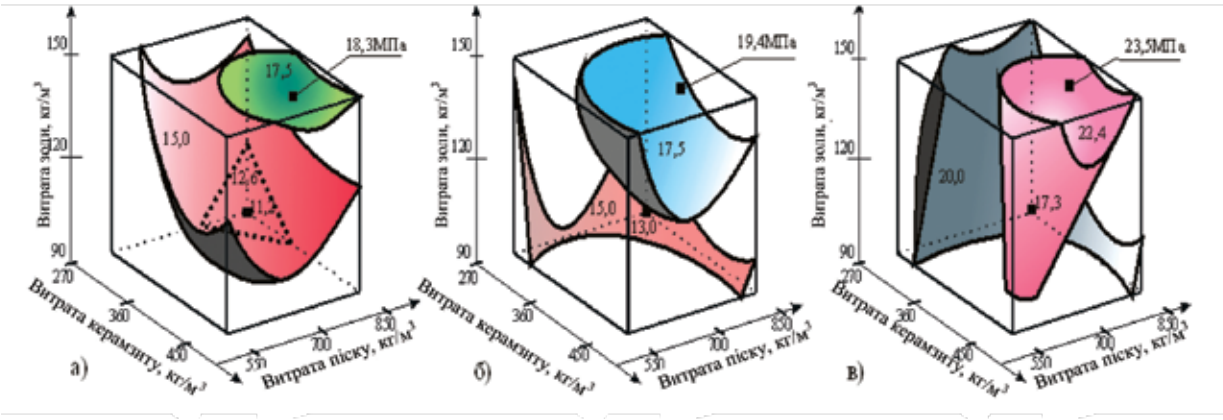


Рис. 4. Вплив факторів складу на кубикову міцність у віці бетону 28 діб (а, б, в) у разі витрати цементу відповідно 250, 300, 350 кг/м³

За максимальних витрат піску, керамзиту й золи міцність майже однакова (рис. 4). Ріст міцності помітний у разі збільшення витрат цементно-зольного в'яжучого й керамзиту, чого не можна сказати про пісок.

За результатами експериментальних досліджень властивостей досліджуваного бетону з 95% надійністю отримана загальна ЕС-модель призмової міцності для віку пп., 28, 115 діб, яка за критерієм Фішера адекватна й несе інформаційну цінність:

$$\ln(f_{cd}) = 2{,}92 + 0{,}27x_1 - 0{,}09x_1^2 + 0{,}06x_1x_2 - 0{,}14x_2 + 0{,}16x_3 - 0{,}08x_3^2; \quad (6)$$

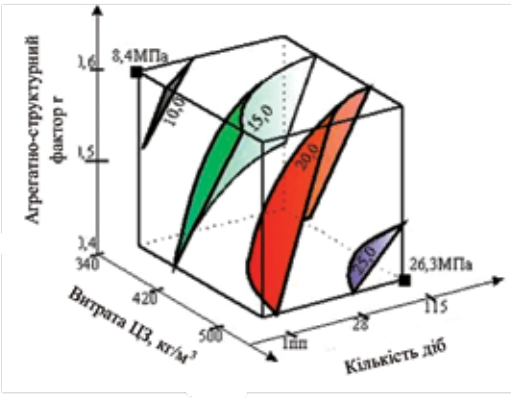


Рис. 5. Вплив факторів складу на призмову міцність керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому

З діаграми можна помітити, що призмова міцність зростає у разі збільшення витрати в'яжучого й відповідно віку бетону, а для агрегатно-структурного фактора дія на призмову міцність зворотна.

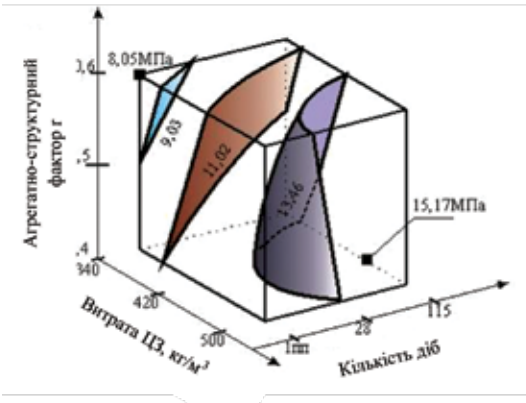


Рис. 6. Вплив факторів складу на модуль пружності керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому

На підставі даних експериментальних досліджень властивостей керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому з 95% надійністю отримана загальна ЕС-модель початкового модуля пружності бетону для віку пп., 28, 115 діб, яка за критерієм Фішера адекватна й несе інформаційну цінність, дозволяє оцінити вплив вибраних факторів на модуль пружності бетону:

$$\ln(E_{cd}) = 2{,}58 + 0{,}14x_1 - 0{,}11x_1^2 + 0{,}07x_1x_2 - 0{,}05x_2 + 0{,}11x_3 - 0{,}03x_3^2; \quad (7)$$

З діаграми можна помітити таке: модуль пружності підвищується у разі збільшення витрати в'яжучого, а для агрегатно-структурного фактора дія на нього зворотна, що спостерігається в моделі (7) по величині коефіцієнтів і по ізоповерхнях (рис. 6).

Висновки. У разі добору складу конструкційного керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому застосований експериментально-розрахунковий метод, який включає дослідну перевірку й призначення складів досліджуваного бетону у разі заданих факторів.

Із застосуванням математико-статистичного методу планування експерименту розроблені раціональні склади конструкційного керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому міцністю 15,2...26,2 МПа і середньою щільністю 1400...1700 кг/м³.

Отримані й проаналізовані рівняння регресії (2)...(7), які рекомендується використовувати для визначення міцності, щільності й модуля пружності керамзитобетону на цементно-зольному в'яжучому.

За результатами дослідження кубикової міцності слід зазначити, що у разі заміни частки цементу на 20–35% золою міцність керамзитобетону на карбонатному піску й цементно-зольному в'яжучому не зменшується.

Керамзитобетон на карбонатному піску й цементно-зольному в'яжучому є ефективним місцевим матеріалом, придатним для використання в попередньо напружених конструкціях житлових і суспільних будинків.

Література

1. Дорофеев В.С. Влияние факторов состава на физико-механические свойства керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем / Дорофеев В.С., Столевич И.А., Зинченко С.В., Кравченко С.А., Столевич А.С. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.* Одеса : Зовнішрекламсервіс, 2009. № 34. С. 92–102.

2. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций. НИИЖБ. Москва : Стройиздат, 1986. 80 с.

3. Рекомендации по учету комплекса технологических и эксплуатационных параметров, оптимизирующих свойства конструкционного керамзитобетона на карбонатном песке. НИЛЭП ОИСИ. Москва : Стройиздат, 1989. 67 с.

4. Столевич А.С. Конструкционные лёгкие бетоны / А.С. Столевич, С.В. Макаров, И.А Столевич, К.М. Мади, С.А Кравченко. *Вісник ОДАБА* : зб. наук. праць. Одеса, 2006. Вип. 21. С. 246–255.

References

1. Dorofeev V.S. Vlijanie faktorov sostava na fiziko-mehanicheskie svojstva keramzitobetona na mnogokomponentnom vjazhushhem / Dorofeev V.S., Stolevich I.A., Zinchenko S.V., Kravchenko S.A., Stolevich A.S. Visnik Odes'koï derzhavnoyi akademiyi budivnictva ta arhitekturi. Odesa: Zovnishreklamservis, 2009. No. 34. S. 92–102.
2. Rekomendacii po primeneniju v betonah zoly, shlaka i zoloshlakovoj smesi teplovyh jelektrostancij. NIIZhB. Moskva: Strojizdat, 1986. 80 s.
3. Rekomendacii po uchetu kompleksa tehnologicheskih i jekspluatacionnyh parametrov, optimizirujushhih svojstva konstrukcionnogo keramzitobetona na karbonatnom peske. NILJeP OISI. Moskva: Strojizdat, 1989. 67 s.
4. Stolevich A.S. Konstrukcionnye ljogkie betony / A.S. Stolevich, S.V. Makarov, I.A Stolevich, K.M. Madi, S.A Kravchenko. Visnik ODABA : zb. nauk. prac'. Odesa, 2006. Vip.21. S. 246–255.

RESEARCH OF DURABILITY AND DEFORMATION PROPERTIES OF KERAMZITE CONCRETE ON CEMENTE-ASH ASTRINGENT

Abstract. *The decision of modern building tasks and at the same time ecological, resource-saving and economic problems is possible through the application of local porous fillers and multicomponent astringent for making of concrete. Deadweight of load carrying structures from lightweight concretes to 1.5 times less than analogical constructions from heavy concretes.*

In this work, using the mathematical and statistical method of planning the experiment, rational compositions of structural expanded clay concrete based on a cement-ash astringent with a strength of 15.2 ... 26.2 MPa and an average density of 1400 ... 1700 kg/m³ have been developed.

Regression equations have been obtained and analyzed, which are recommended to be used to determine the strength, density and modulus of elasticity of expanded clay concrete on a cement-ash astringent.

The analysis of the regression equations showed that the consumption of carbonate sand and the consumption of expanded clay significantly affect the density of the expanded clay concrete mixture and the density of concrete, the consumption of fly ash has a lesser effect. The cubic strength of expanded clay concrete on carbonate sand is most influenced by the consumption of cement, ash and expanded clay. The strength of expanded clay concrete is linearly proportional to the consumption of cement and ash, but an increase in the consumption of cement increases the strength of concrete in compression to a certain limit.

It has been determined that the average consumption of all concrete constituents makes it possible to obtain strength from 14.5 to 20.5 MPa. With an increase in the solution component, the strength increases. The tested samples after heat and moisture treatment and normal hardening have an increase in strength by an average of 20%. With an increase in the consumption of the astringent from 320 to 500 kg/m³, an increase in strength is observed up to 23%. The prismatic strength increases with an increase in the consumption of the astringent and the age of concrete, and for the aggregate-structural factor, the effect on the prismatic strength is the opposite. The tested standards after warm-humidity treatment and normal hardening have an increase of durability on the average on 20%. With the increase of expense astringent from 320 to 500 kg/m³, there is an increase of durability to 23%. Prism durability increases at the increase of expense of astringent and age of concrete, and for an aggregate-structural factor, operating on prism durability is reverse.

The modulus of elasticity increases with increasing consumption of the astringent, and for the aggregate-structural factor, the effect on it is the opposite.

According to the results of the study of cubic strength, it should be noted that when replacing the proportion of cement by 20–35% ash, the strength of expanded clay concrete on carbonate sand and cement-ash astringent does not decrease.

Key words: ceramsit concrete, cement-ash astringent, durability, modulus of elasticity, structures.

Kravchenko S.A.
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa

Posternak A.A.
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa
Zinchenko S.V.
Ph.D., Assistant at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa
Ahaieva O.A.
Ph.D., Assistant at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa
Stolevich I.A.
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Strength of Materials,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa

УДК 691.32
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.9

Шишкіна О.О.
к.т.н., доцент, доцент кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область

Шишкін О.О.
д.т.н., професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів,
матеріалів та конструкцій,
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область

ВПЛИВ МІЦЕЛ, НАПОВНЕНИХ РЕАКЦІЙНИМИ ПОРОШКАМИ, НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ

Анотація. *Ремонт, відновлення та реконструкція наявних будівельних об'єктів, відновлення експлуатаційних функцій яких можливе лише на певні короткі періоди часу, зокрема, підземні переходи, тротуари, будівлі в аеропортах та залізницях, гідротехнічні споруди, вимагають використання ефективних швидкотвердіючих матеріалів. Визначено, що активними компонентами сучасного бетону є активні мінеральні наповнювачі, такі як мікрокремнезем, метакаолін, золи або композиції з них, а також суперпластифікатори. Оптимальне поєднання цих добавок-модифікаторів дозволяє контролювати реологічні властивості бетонних сумішей і модифікувати структуру цементного каменю таким чином, щоб забезпечити властивості бетону, які визначають високу експлуатаційну надійність конструкцій. Однак зазначені добавки мають певні недоліки, які заважають їх широкому використанню. До таких недоліків мікрокремнезему слід віднести те, що він є відходом виробництва, а отже, не має стабільності властивостей. Недоліком метакаоліну є його висока вартість через досить великі витрати енергії на його приготування. Метою дослідження є визначення впливу реакційних порошків, застосовуваних одночасно з колоїдними поверхнево-активними речовинами, на міцність дрібнозернистого бетону та швидкість його утворення. Встановлено, що міцність на стиск бетону в результаті гідратації дисперсної системи «Портландцемент – колоїдна поверхнево-активна речовина – реакційний порошок» у разі використання як реакційного порошку розмеленого річкового піску в кількості 15 ... 18% від маси дисперсної фази системи, 20 ... 30% золи ТЕС, 10–30% тонкої фракції відходів збагачення залізної руди та гранульованого доменного шлаку вища міцності бетону, отриманого на основі звичайного портландцементу без добавок. найвищою швидкістю формування міцності та її кінцевою величиною володіє бетон, що містить доменний гранульований шлак як реакційний порошок.*
Ключові слова: бетон, міцність, поверхнево-активна речовина, мікрокремнезем, пісок, доменний гранульований шлак, відходи збагачення залізних руд, зола.

Постановка проблеми. Обов'язковими компонентами сучасного функціонального бетону є активні дрібнодисперсні мінеральні наповнювачі (наприклад, мікрокремнезем, метакаолін, золи або композиції з них) та високоефективні суперпластифікатори. Оптимальна комбінація цих добавок-модифікаторів дозволяє контролювати реологічні властивості бетонних сумішей та модифікувати структуру цементного каменю на мікрорівні, щоб забезпечити властивості бетону, які гарантують високу експлуатаційну надійність конструкцій.

Інтенсивні способи будівництва вимагають впровадження сучасних технологій, які б забезпечили зведення монолітних конструкцій за короткий час, збільшили оборот опалубки, збільшили ефективність будівельних робіт у різних температурних умовах затвердіння, скоротили виробничий цикл. З огляду на особливості монолітних конструкцій, коли твердіння бетону відбувається без використання або з обмеженими тепловими ефектами, для високошвидкісних технологій обов'язковим є введення швидкотвердіючих в'яжучих речовин з можливістю отримання

високоміцного бетону за один-два дні. Крім того, сучасне будівництво вимагає вирішення низки інженерних проблем для підтримання ефективності та функціональності наявних будівель, споруд, дорожньої інфраструктури, що пов'язане зі збільшенням фізичного зносу основних фондів. Тому є необхідність у розробці високоефективних швидкотвердіючих будівельних композитів для того, щоб забезпечити введення об'єктів в експлуатацію за короткий проміжок часу та надійну їх експлуатацію протягом життєвого циклу. Ремонт, відновлення та реконструкція наявних будівельних об'єктів, відновлення експлуатаційних функцій яких можливе лише на певні короткі періоди часу (підземні переходи, тротуари, будівлі в аеропортах та залізницях, гідротехнічні споруди), вимагають використання ефективних швидкотвердіючих матеріалів.

Аналіз останніх досліджень. Отримані властивості бетону – результат складних колоїдно-хімічних та фізичних процесів, що впливають на фазовий склад, пористість і міцність цементного каменю [1–5]. Для модифікованого бетону характерні висока і надвисока міцність, низька проникність і екзотермічність, підвищена корозійна стійкість і довговічність, поліпшені деформаційні характеристики. Важливо зазначити, що ці властивості досягаються за допомогою високої рухливості та сумішей, що самоущільнюються, із зниженими витратами цементу [6–8]. Натепер використовуються такі найпоширеніші добавки-модифікатори, як мікрокремнезем та метакаолін [9–11]. Однак зазначені добавки мають певні недоліки, які заважають їх широкому використанню. До таких недоліків мікрокремнезему слід віднести те, що він є відходом виробництва, а отже, не має стабільності властивостей. Недоліком метакаоліну є його висока вартість через досить великі витрати енергії на його приготування.

На підставі викладеного, а також результатів досліджень у галузі міцелярного каталізу реакцій синтезу гідросилікатів кальцію [12] була визначена мета досліджень, результати яких представлені у цій роботі.

Мета дослідження – визначення впливу реакційних порошків, що застосовуються одночасно з колоїдною поверхнево-активною речовиною (ПАР), на міцність дрібнозернистого бетону та швидкість його формування. Відповідно до мети завданнями дослідження є визначення залежності міцності бетону від кількості реакційно-здатного порошку як у присутності колоїдних ПАР, так і без них; визначення впливу колоїдної ПАР на ефективність реакційного порошку щодо збільшення міцності бетону.

Об'єкти та методи дослідження. Для виробництва бетону використовували портландцемент М400 ВАТ «Хайдельберг Цемент Кривий Ріг» (Україна). Як дрібний заповнювач використовували відходи збагачення залізних руд Новокриворізького гірничо-збагачувального комплексу ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг», що мають максимальний розмір частинок 0,63 мм. Як колоїдну поверхнево-активну речовину (МПАР) застосовували олеат натрію (Simagchem Corp., Китай). Як реакційно-здатні порошки використовували золу видалення ТЕС, дрібнозернисту фракцію відходів збагачування залізної руди і мелені до питомої поверхні (300±25) м^2/кг доменний гранульований шлак та річковий пісок.

Модифікація наномодифікатора проводилася шляхом його обробки водним розчином МПАР, який мав концентрацію МПАР 0,1%.

Компоненти бетонної суміші дозували у необхідних кількостях, згідно з планом експерименту, перемішуючи лабораторним змішувачем протягом 2 хвилин. Отриману суміш містили у металеві форми, що мають розмір сторони 16х4х4 см. Ущільнення суміші здійснювали вібраційним ущільнювачем. Сформовані таким чином зразки бетону тверділи протягом 28 діб за вологості навколишнього середовища (70±10)% і температури навколишнього середовища (293 ± 2) К.

Результати досліджень

Міцність на стиск бетону в результаті гідратації дисперсної системи «Портландцемент – МПАР – реакційний порошок» у разі використання як реакційно-здатного порошку розмеленого річкового піску в кількості 15 ... 18% від маси дисперсної фази системи (рис. 1), 20 ... 30% золи ТЕС (рис. 2) і 10–30% тонкої фракції відходів збагачення залізної руди (рис. 3) та гранульованого доменного шлаку (рис. 4) вища міцності бетону, отриманого на основі звичайного портландцементу без добавок.

Таким чином, наявність у дисперсній системі колоїдної ПАР забезпечує підвищену міцність на стиск отриманого бетону.

Швидкість набору міцності у разі стиску бетону, що отримана в результаті затвердіння

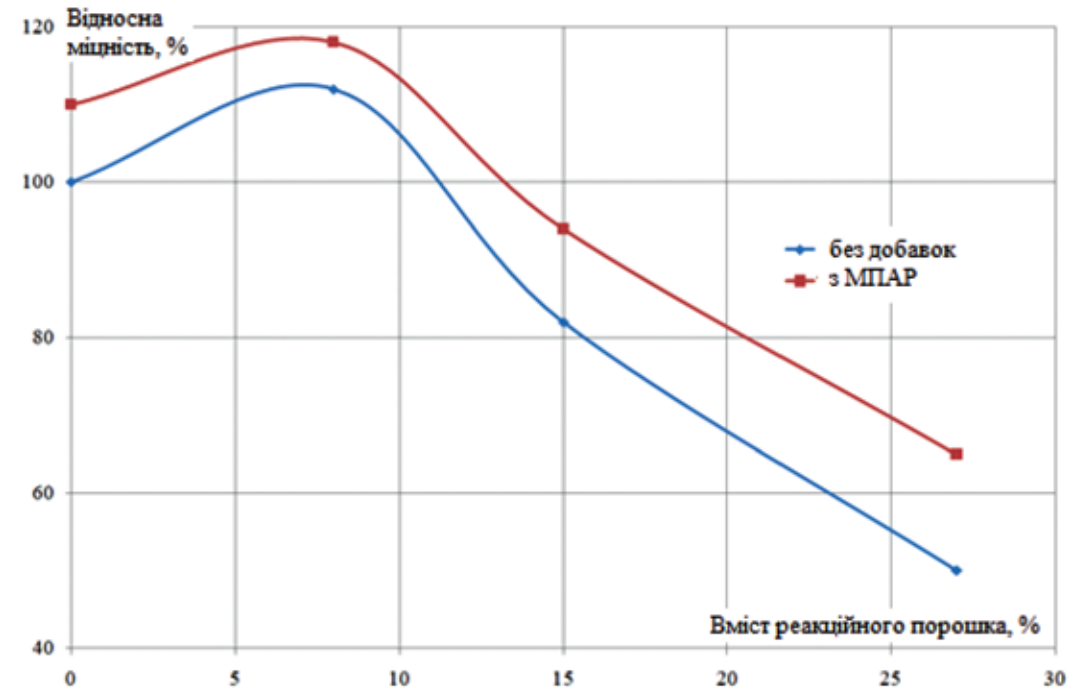


Рис. 1. Вплив вмісту меленого піску на міцність у разі стиску бетону, отриманого на основі дисперсної системи «Портландцемент – МПАР – реакційний порошок»

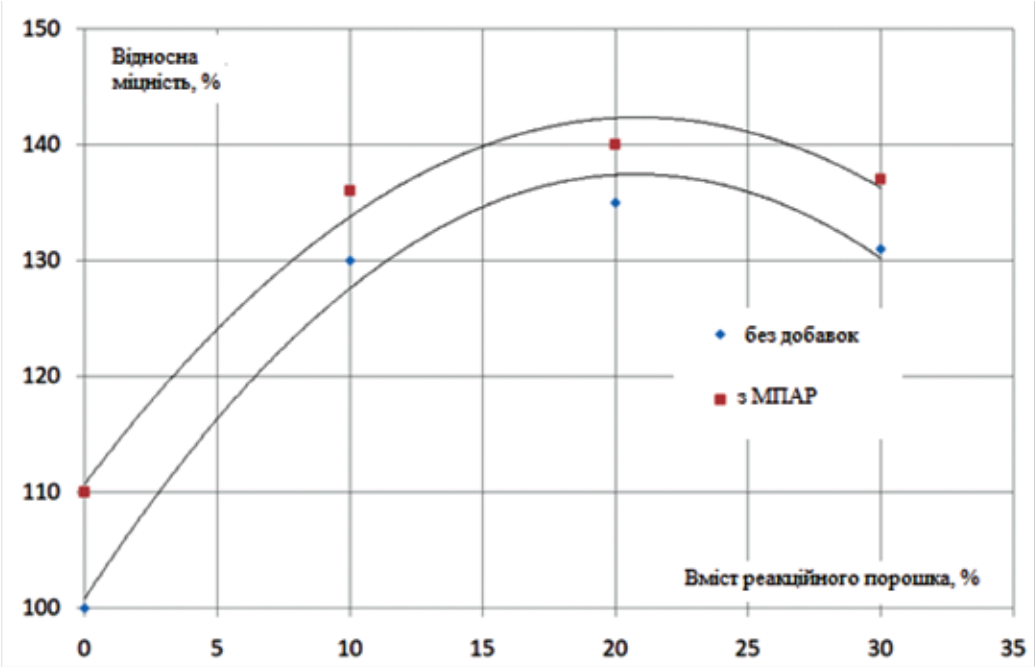


Рис. 2. Вплив золи ТЕС на міцність у разі стиску бетону, отриманого на основі дисперсної системи «Портландцемент – МПАР – реакційний порошок»

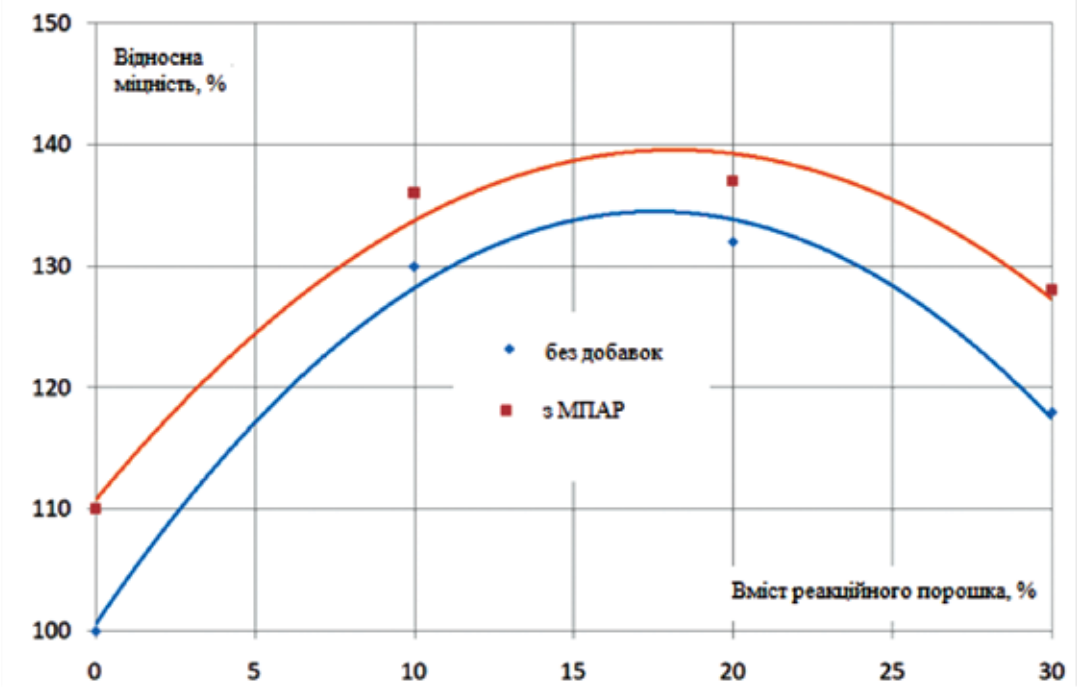


Рис. 3. Вплив вмісту відходів збагачення залізної руди на міцність у разі стиску бетону, отриманого на основі дисперсної системи «Портландцемент – МПАР – реакційний порошок»

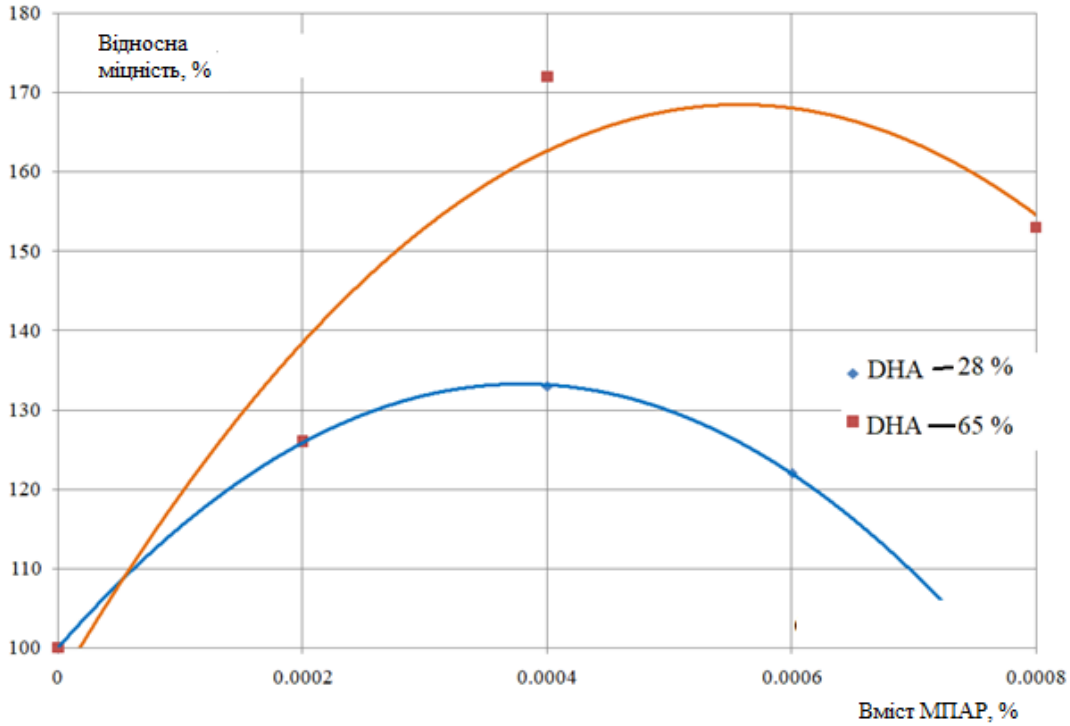


Рис. 4. Вплив вмісту МПАР на міцність у разі стиску бетону, отриманого на основі дисперсної системи «Портландцемент – МПАР – реакційний порошок» (DHA – доменний гранульований шлак)

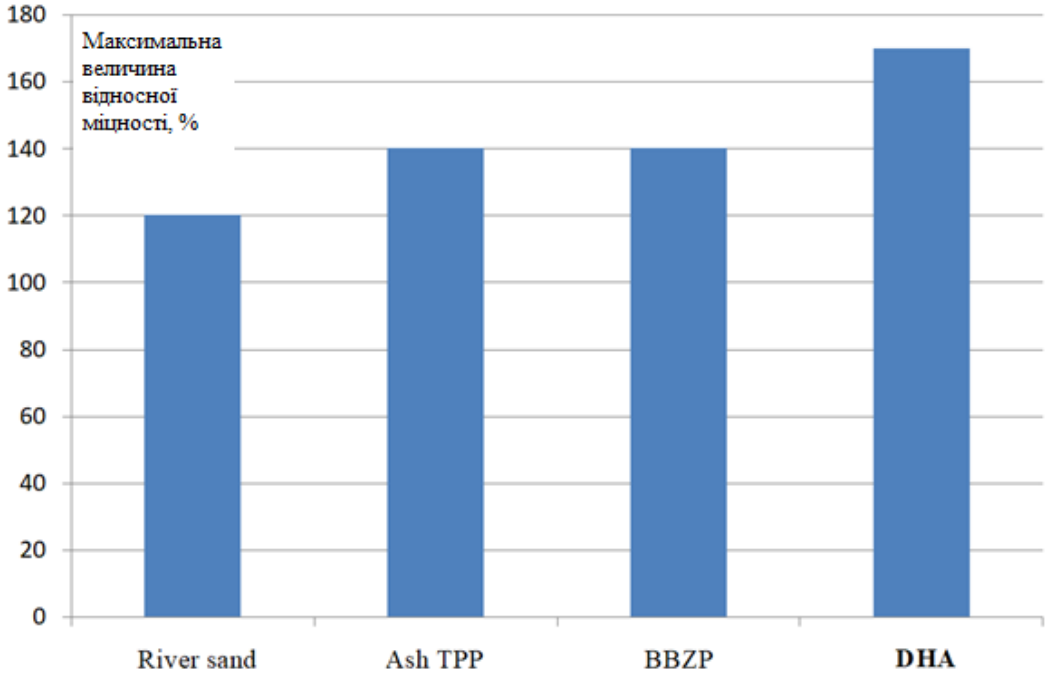


Рис. 5. Порівняння ефективності реактивних порошків
(River sand – річковий пісок, Ash TPP – зола винесення ТЕС, BBZP – відходи збагачення залізної руди, DHA – доменний гранульований шлак)

дисперсної системи «Портландцемент – МПАР – реакційний порошок», залежить від застосовуваного реакційного порошку. Найвищою швидкістю набору міцності та її кінцевою величиною є бетон, що містить доменний гранульований шлак як реакційний порошок.

Таким чином, не тільки складний MPAR, але і реакційний порошок забезпечує збільшення швидкості міцності бетону.

Аналіз результатів проведених досліджень показав наявність оптимального вмісту в досліджуваній системі реакційного порошку, величина якого залежить від виду останнього. Порівняльний аналіз впливу зазначених типів реакційних порошків, що використовуються для зміни міцності бетону, отриманого на основі досліджуваної системи (рис. 5), показав, що використання як реакційного порошку меленого гранульованого шлаку забезпечує найбільший ефект підвищення міцності бетону порівняно з іншими реакційно-здатними порошками.

Визначення ефективності застосування поверхнево-активної речовини залежно від виду реакційного порошку показало, що її найбільш раціонально застосовувати одночасно із доменним гранульованим шлаком. У такому разі відбувається найбільший приріст міцності (рис. 6).

Висновки. Дослідження та їх результати показали, що використання колоїдної поверхнево-активної речовини призводить до підвищення ефективності використання мінеральних порошків, зокрема, у разі відходів збагачення залізних руд та доменного гранульованого шлаку в дрібнозернистому бетоні. Найефективнішим реакційно-здатним порошком, який доцільно використовувати одночасно з МПАР, є доменний гранульований шлак. Це означає, що використання МПАР є більш ефективним для модифікації бетону на основі шлакопортландцементу, ніж для бетону в портландцементі.

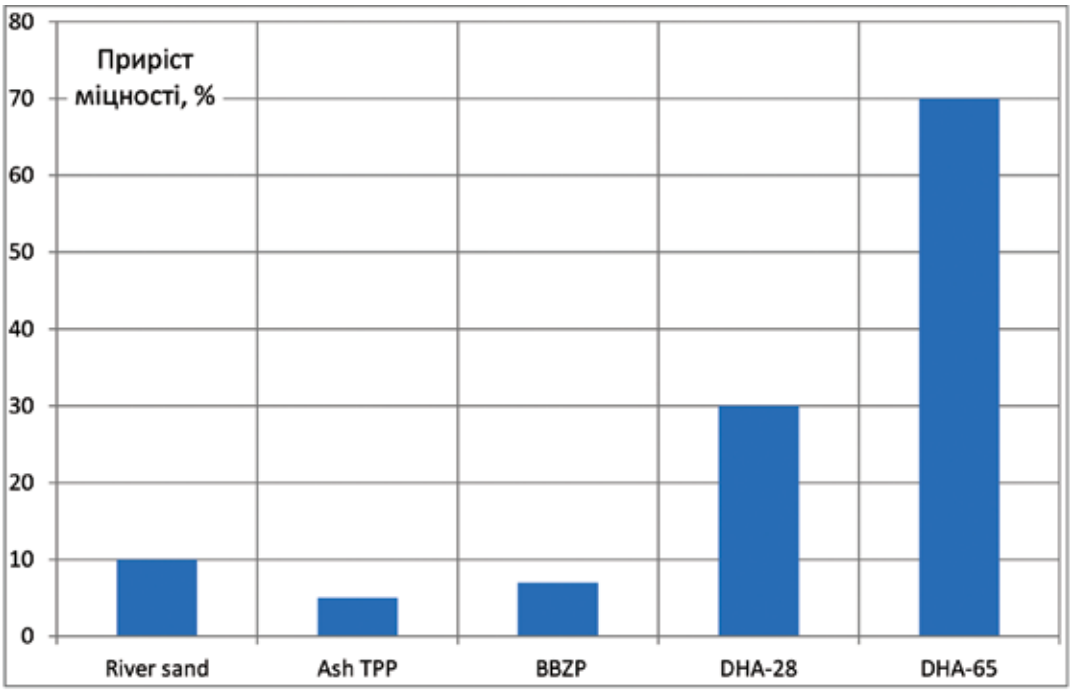


Рис. 6. Ефективність застосування поверхнево-активної речовини залежно від виду реакційного порошку
(River sand – річковий пісок, Ash TPP – зола винесення ТЕС, BBZP – відходи збагачення залізної руди, DHA-28 – вміст доменного гранульованого шлаку 28%, DHA-65 – вміст доменного гранульованого шлаку 65%)

Література

1. Капрієлов С.С., Кардумян Г.С. Нові модифіковані бетони в сучасних спорудах. *Бетон і залізобетон*. 2011. № 2. С. 78–82 .
2. Капрієлов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Нові модифіковані бетони, Москва, 2010. 258 с.
3. Фролов А.В., Чумадова Л.І., Черкашин А.В., Акімов Л.І. Экономичность использования и влияние наноразмерных частиц на свойства легких высокопрочных бетонов. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 19. С. 51–61.
4. Толстой А.Д., Лесовік Б.К., Загороднюк І.Х., Ковальова І.А. Порошкові бетони із застосуванням техногенної сировини. *Вісник МГСУ*. 2015. № 1. С. 101–109 .
5. Сопов В.П., Ткачук А.Л. Вплив мінеральних домішок на структуроутворення цементного каменя. *Науковий вісник будівництва*. № 66. 2011. С. 250–254 .
6. Мороз М.Н., Калашников В.І., Худяков В.А., Василик П. Водостойкий мелкозернистый бетон, гидрофобизированный наночастицами стеарата кальция. Строительные материалы. 2009. № 8. С. 55–59.
7. Номов А.В., Лигденов В.В., Урханова Л.А., Лхасаранов С.А. Мелкозернистый цементний бетон с нанодисперсным модификатором. *Нанотехнології в будівництві: науковий Інтернет-журнал*. 2010. № 4. С. 42–52 .
8. Христофоров А.І., Христофорова І.А., Кузьмін Д.І. Мелкозернистый бетон, модифицированный органическими соединениями Na^+. *Будівництво і реконструкція*. 2011. № 2. С. 104–109 .
9. Морозов Н.М., Боровських І.В., Влияние метакаолина на свойства цементных систем. *Известия КГАСУ*. 2015. № 3(33). С. 127–132.
10. Краснобаєва С.А., Медведєва І.Н., Бриков А.С., Стафєєва З.В. Свої властивості матеріалів на основному портландцементі з додаванням метакаоліну МКЖЛ. *Цемент и его применение*. 2015. С. 50–55.
11. Кльосова А.І., Голубєва О.А. Влияние комплексных метакаолиновых добавок на свойства цементного камня. Проблеми геології та освоєння надр. 2014. С. 672–673 .

12. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Дослідження впливу нанокаталізу на формування мінливості реакційного порошкового бетону. *Східно-Європейський журнал корпоративних технологій,* 2016. № 1/6 (79). С. 55–60.

References

1. Kaprielov S.S., Kardumyan G.S. Novi modifikovani betoni v suchasnih sporudah. Beton i zhelezobeton. 2011. 2. 78–82 .
2. Kaprielov S.S., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S. Novi modifikovani betoni, Moskva, 2010. 258 s.
3. Frolov A.V., Chumadova L.I., Cherkashin A.V., AkImov L.I. Ekonomichnist ispolzovaniya ta vliyunya nanorazmernih chastitsc na svoysyva legkih visokoprochnih betonov. Stroitelstvo unikanalnih zdaniy i sooruzheniy. 2014. 19. 51–61 .
4. Tolstoy A.D., Lesovik B.K., Zagorodnyuk I.H., Kovalova I.A. Poroshkovi betoni iz zastosuvannyam tehnogennoyi sirovini. Visnik MGSU. 2015. 1. 101–109 .
5. Sopov V.P., Tkachuk A.L. Vliyannya mineralnih dobavok na strukturoutvorennya tsementnogo kamenya. Naukoviy visnik budivnitstva. 66. 2011. 250–254 .
6. Moroz M.N., Kalashnikov V.I., Hudyakov V.A., Vasilik P. Vodostojkij melkozernistyj beton, gidrofobizirovannyj nanochasticami stearata kalciya. Budivelni materiali. 2009. 8. 55–59 .
7. Nomov A.V., Ligdenov V.V., Urhanova L.A., Lhasaranov S.A. Melkozernistiy tsementniy beton z nanodispersnim modifikatorom. Nanotehnologiyi v budivnitstvi: naukoviy Internet-zhurnal. 2010. 4. 42–52 .
8. Hristoforov A.I., Hristoforova I.A., Kuzmin D.I. Melkozernistiy beton, modifikovaniy organichnimi soedinennyami Na+. Budivnitstvo i rekonstruktsiya. 2011. 2. 104–109 .
9. Morozov N.M., Borovskih I.V. Vliyanie metakaolina na svoystva tsementnyih sistem. Izvestiya KGASU. 2015. 3(33). 127–132.
10. Krasnobaeva S.A., Medvedeva I.N., Brikov A.S., Stafeeva Z.V. Svoyi vlastivosti materialiv na osnovnomu portlandtsementi z dodavannyam metakaolinu MKZhL. Tsement I ego primenenie. 2015. 50–55.
11. Klosova A.I., Golubeva O.A. Vliyanie kompleksnyih metakaolinovyih dobavok na svoystva tsementnogo kamnya. Problemi geologiyi ta osvoennya nadr. 2014. 672–673.
12. Shishkina O.O., Shishkin O.O. Doslidzhennya vplivu nanokatalizu na formuvannya minlivosti reaktsiynogo poroshkovogo betonu. Shidno-Evropeyskiy zhurnal korporativnih tehnologiy, 2016. 1/6 (79). 55–60.

INFLUENCE OF MYCELES FILLED WITH REACTIVE POWDER FOR CONCRETE STRENGTH

Abstract. *Repair, restoration and reconstruction of existing construction sites, the restoration of operational functions of which is possible only for certain short periods of time, including underpasses, sidewalks, buildings in airports and railways, hydraulic structures, requires the use of effective fast-setting materials. It is determined that the active components of modern concrete are active mineral fillers, such as microsilica, metakaolin, ash, or compositions thereof, as well as superplasticizers. The optimal combination of these additives-modifiers allows you to control the rheological properties of concrete mixtures and modify the structure of cement stone so as to ensure the properties of concrete, which determine the high operational reliability of structures. However, these additives have certain disadvantages that prevent their widespread use. Such disadvantages of microsilica include the fact that it is a waste product and, therefore, has no stability properties. The disadvantage of metakaolin is its high cost due to the relatively high energy consumption for its preparation. The aim of the study is to determine the effect of reaction powders used simultaneously with colloidal surfactants on the strength of fine-grained concrete and the rate of its formation. It is established that the compressive strength of concrete as a result of hydration of the dispersed system "Portland cement – colloidal surfactant – reaction powder", when used as a reaction powder of ground river sand in the amount of 15 ... 18% by weight of the dispersed phase of the system, 20. ... 30% of TPP ash, 10–30% of the fine fraction of waste iron ore beneficiation and granular blast furnace slag above the strength of concrete obtained on the basis of ordinary Portland*

cement without additives. Concrete containing blast furnace granulated slag as a reaction powder has the highest rate of strength formation and its final value.

Key words: concrete, strength, surfactant, microsilica, sand, blast furnace granulated slag, iron ore beneficiation waste, ash.

Shyshkina O.O.
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Technology of Building Products, Materials and Structures,
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region
Shyshkin O.O.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Building Products, Materials and Structures,
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region

ЗМІСТ

Бабій І.М., Кальченя Є.Ю.
РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ПІДЛОГИ У МОНОЛІТНИХ З/Б БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ 3

Григоровський П.Є., Крошка Ю.В., Басанський В.О., Осадча І.В., Лялько В.В.
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВЛІ, ПРИЛЕГЛОЇ ДО ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА ТУНЕЛІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ, В ПЕРІОД ВИКОНАННЯ ПІДГОТОВЧИХ РОБІТ 12

Григоровський П.Є., Чуканова Н.П., Мурасьова О.В., Наріжний В.В.
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ УНІФІКОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬ НА ЕТАПАХ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ 21

Bobrakov A.A., Shcherbyna L.V., Donenko I.V., Ishchenko O.L.
INFLUENCE OF HUMAN FACTOR TO THE HYDROLOGICAL CONDITIONS OF AREA AT THE EXAMPLE OF ZAPORIZHZHIA REGION 28

Богінська Л.О.
ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВ У БУДІВНИЦТВІ 35

Вотінов М.А., Чубарова Д.С.
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ГУМАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ПАРКІНГІВ 43

Гаврюков О.В.
УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОНУ ПІД ЧАС ЗВЕДЕННЯ ВИСОТНИХ СПОРУД 49

Кравченко С.А., Постернак О.О., Зінченко С.В., Агаєва О.А., Столевич І.А.
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ І ДЕФОРМАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НА ЦЕМЕНТНО-ЗОЛЬНОМУ В'ЯЖУЧОМУ 54

Шишкіна О.О., Шишкін О.О.
ВПЛИВ МІЦЕЛ, НАПОВНЕНИХ РЕАКЦІЙНИМИ ПОРОШКАМИ, НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ 61

CONTENTS

Babii I.N., Kalchenia Ye.Yu.
RATIONAL CHOICE OF CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF SOUND INSULATION OF THE FLOOR IN A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING 3

Hrihorovskyi P.Ye., Kroshka Yu.V., Basansky V.O., Osadcha I.V., Lyalko V.V.
ANALYSIS OF THE RESULTS OF INSTRUMENTAL MONITORING OF THE BUILDING ADJACENT TO THE CONSTRUCTION SITE OF THE SUBWAY TUNNELS DURING THE PREPARATORY WORKS 12

Hrihorovskyi P.Ye., Chukanova N.P., Murasova O.V., Narizhnyi V.V.
ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF UNIFIED BUILDING MONITORING SYSTEMS AT THE STAGES OF CONSTRUCTION AND OPERATION 21

Bobrakov A.A., Shcherbyna L.V., Donenko I.V., Ishchenko O.L.
INFLUENCE OF HUMAN FACTOR TO THE HYDROLOGICAL CONDITIONS OF AREA AT THE EXAMPLE OF ZAPORIZHZHIA REGION 28

Boginska L.O.
USE OF PRODUCTION WASTE IN CONSTRUCTION 35

Votinov M.A., Chubarova D.S.
INNOVATIVE TECHNOLOGIES AS A MEANS OF HUMANIZATION OF PARKING CONSTRUCTION 43

Gavryukov O.V.
EQUIPMENT FOR TRANSPORTATION OF CONCRETE DURING ESTABLISHMENT OF HEIGHTWEAR STRUCTURES 49

Kravchenko S.A., Posternak A.A., Zinchenko S.V., Ahaieva O.A., Stolevich I.A.
RESEARCH OF DURABILITY AND DEFORMATION PROPERTIES OF KERAMZITE CONCRETE ON CEMENTE-ASH ASTRINGENT 54

Shyshkina O.O., Shyshkin O.O.
INFLUENCE OF MYCELES FILLED WITH REACTIVE POWDER FOR CONCRETE STRENGTH 61

Регламенти контролю якості виконання будівельних робіт

1. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ**
2. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ**
3. Регламент контролю якості **ПРИ ЗВЕДЕННІ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
4. Регламент контролю якості **ПРИ МОНТАЖІ ЗБІРНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
5. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
6. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**
7. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ МОНТАЖІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
8. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ НЕПРОХІДНИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ КАНАЛІВ**
9. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ**
10. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬ**
11. Регламент контролю якості **ОПОРЯДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ**
12. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПІДЛОГ**
13. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ВІКОН І ДВЕРЕЙ**
14. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ ВНУТРІШНІХ САНІТАРНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**
15. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ**
16. Регламент контролю якості **РОБІТ ІЗ БЛАГОУСТРОЮ ТЕРИТОРІЇ**

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

Науково-технічний журнал

Випуск № 39

Підписано до друку 28.07.2021 р. Формат 64х90/8. Обл.-вид. арк. 3,97, ум.-друк. арк. 8,37.
Папір офсетний. Цифровий друк. Наклад 200 примірників. Замовлення № 0721/222.

Надруковано: Видавничий дім «Гельветика»
(Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4392 від 20.08.2018 р.)
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua