

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

науково-технічний журнал



№ 37/2020

Методика дослідження обсягів
циклу інструментальних
спостережень у складі
організаційно-технологічних
показників вимірювальних робіт
с. 3

Перспективи розвитку
екологічно чистого будівництва
в Україні
с. 38

Застосування комплексного
наномодифікатора в технології
пінобетону
с. 77



Свідомство про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

Серія КВ № 2194311843ПР 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 «Економіка, 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.;
Беленкова 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. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;
Котовіч Януш, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;
Кузьор Олександра, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща.

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 30 червня 2020 р.

Редакція не несе відповідальності за достовірність наведеної в статтях інформації

Адреса редколегії журналу:

03110, Київ, МСП, пр. В. Лобановського, 51

УДК 69:001.89:624.131.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.1>**Григоровський П.Є.**

д.т.н., с.н.с., перший заступник директора

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

Мурасьова О.В.

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

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ОБСЯГІВ ЦИКЛУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У СКЛАДІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Анотація. Обґрунтовано методику виконання досліджень обсягів циклу інструментальних спостережень за станом прилеглих до новобудови будівель у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт.

Наявність тріщин у будівельних елементах зумовлює необхідність спостереження за ними, що передбачає поділення конструкції, що зазнає негативного впливу від новобудови, на умовно жорсткі ділянки з послабленими взаємними конструктивними зв'язками та виявляє потребу визначення кількості та місць розташування марок (контрольованих точок) для кожного елемента. Кількість та місця розташування контрольованих точок впливають на обсяги робіт циклу інструментальних спостережень для будівель, прилеглих до нового будівництва. Запропоновано принцип розміщення точок спостереження на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини і всі точки рухаються як єдине ціле. Визначено, що точки спостереження під час вимірювання деформацій (тріщиноутворення) має бути розміщено на перетині ліній, що проведені через точки спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі відносно наявної тріщини, а під час вимірювання деформацій (просідання і крени) – безпосередньо в точках спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі.

Ключові слова: методика, інструментальні спостереження, прилеглі будівлі, новобудова, деформації, розташування точок спостереження.

Постановка проблеми. Будівельні роботи в умовах ущільненої забудови спричиняють додаткові навантаження на конструкції об'єктів, що знаходяться у зоні впливу нового будівництва. Під час будівництва та експлуатації багатоповерхових будинків виникають деформації, які призводять до часткового руйнування наявних будинків, що потрапили у зону впливу об'єкта будівництва. Величина таких деформацій зумовлена характеристикою ґрунтової основи будівельного майданчика та прилеглої території, відстанню від нового об'єкта до наявних будівель, технічних характеристик об'єкта та технології його зведення.

Забезпечення придатного експлуатаційного стану будівель у зоні впливу нового будівництва шляхом використання ефективної системи своєчасного виявлення граничних деформацій та попередження утворення по-

шкоджень наявних будівель є актуальною техніко-економічною проблемою.

Метою статті є обґрунтування методики виконання досліджень обсягів циклу інструментальних спостережень за станом прилеглих до новобудови будівель у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт.

Аналіз останніх досліджень. Питанням інструментальних спостережень за технічним станом будівель, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва, присвячено роботи вітчизняних і зарубіжних вчених в галузі технології та організації будівництва. Так, О.Ф. Осиповим [1] розроблено методику оцінки чинників впливу на параметри технологічних процесів під час влаштування фундаментів в умовах ущільненої забудови. Висвітлено процеси розвитку пошкоджень та їх вплив на зміну технічного стану розташованих поруч будівельних об'єктів.

Технічні аспекти наявних будівель висвітлено у працях І.В. Шумакова [2]. А.Д. Єсипенко [3] досліджено організаційно-технологічні системи моніторингу технічного стану та експлуатаційного зносу елементів будівель та інженерних мереж. М.І. Врун [4] наводить методику геодезичного моніторингу деформацій забудови, прилеглої до ділянки нового будівництва підземних споруд.

Результати досліджень. Принцип визначення конструктивної достатності спостережень за геометричними параметрами будівель розглянуто в роботі [5], де вказано, що конструктивна достатність (просторова репрезентативність, тобто здатність вибіркової сукупності відтворювати основні характеристики генеральної сукупності) забезпечується не стільки великою кількістю спостережуваних точок, скільки їх правильним розміщенням на будівлі. Репрезентативність досягається шляхом правильного формування вибірки, яка за принциповими для дослідження параметрами має відтворювати загальний стан об'єкта дослідження. На нашу думку, репрезентативність не залежить також і від кількості циклів спостережень. Вона залежить від того, як розвивається процес деформації у часі, і наскільки вірно визначаються характерні особливості цього розвитку. Такий принцип можливо використовувати за умови впевненості в достовірності розрахункового прогнозу розвитку осідань, що закладені в проєкті.

Водночас виниклі під час будівництва та експлуатації дії можуть викликати відмінні від розрахункових переміщення і деформації, які зумовлюють зміну кількості параметрів і точок контролю та вимірювальних операцій, що притаманно для будівель, прилеглих до нового будівництва, і вплив на обсяги циклу інструментальних спостережень. Метод не цілком враховує особливості його застосування для територій, прилеглих до нового будівництва, тобто непрогнозованої динаміки факторів впливу на експлуатаційну придатність будівель і споруд в умовах невизначеності, тому потребує теоретичного доопрацювання і практичної перевірки.

Відомо, що під час експлуатації будівлі прошарки ґрунтової основи ущільнюються, що зумовлює зміну напружено-деформованого стану зони прилеглої забудови, а це своєю чергою призводить до осідань і кренів фундаментів експлуатованих прилеглих будівель. У своїй

більшості крени фундаментів будівель, що знаходяться в зоні впливу новобудови, виникають внаслідок неоднакового просідання ґрунтів під окремими частинами фундаменту або внаслідок зміщення ґрунтових прошарків з-під фундаментів від значного зовнішнього навантаження прилеглої території. У таких випадках крени можливо визначати, як $\operatorname{tg} \theta$ кута нахилу вертикальної осі:

$$\operatorname{tg} \theta = (S_1 - S_2) / b,$$

де S_1 та S_2 – величини осадок, підраховані по краях фундаменту, у напрямку крену, см; b – розмір фундаменту у напрямку крену, см [6]

Осідання і крени фундаментів прилеглих будівель є основною причиною виникнення тріщин в несучих та огорожувальних конструкціях (рис. 1). Розташування спостережуваних точок повинно відображати переміщення характерних елементів та частин будівлі, що деформується. Якщо точки розташовують у місцях, що не відображають прояви деформацій, то це не дає змогу визначити закономірність їх розвитку. Розміщення точок спостереження визначають за наявними перед початком будівництва відомостями про неоднорідність залягання порід в основі, просторову жорсткість об'єкту, розподіл навантажень і впливів.

Відомо, що для визначення положення абсолютно жорсткої плити досить закласти для спостережень три точки, що визначають її геометричне положення у просторі.

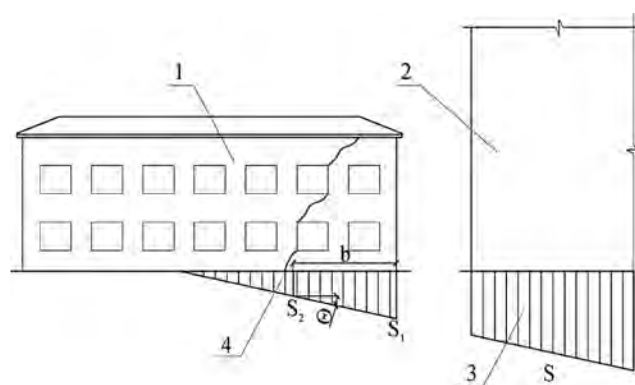


Рис. 1. Крен фундаментів будівель, що знаходяться в зоні впливу новобудови: 1 – існуюча будівля; 2 – новобудова; 3 – епюра осідань новобудови; 4 – епюра додаткових осідань існуючої будівлі

Тобто, якщо плита недостатньо жорстка, то на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини,

і всі точки рухаються як єдине ціле, слід призначити три точки спостереження, значення переміщень яких детерміновано, і вони визначають зміну положення елементів споруди (рис. 2).

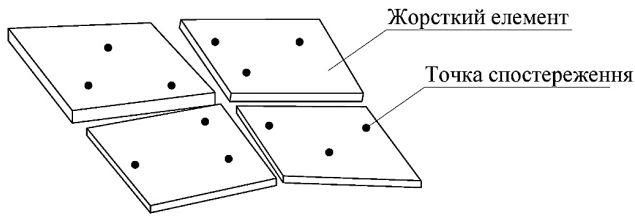


Рис. 2. Просторова достатність спостережень

Розрізняють такі види нерівномірних переміщень, що викликають деформації та тріщини: прогин, вигин, кручення, перекис будівлі (рис. 3).

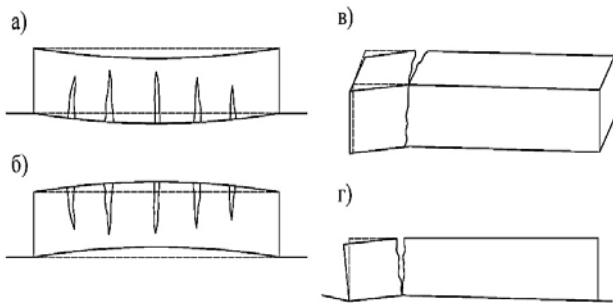


Рис. 3. Схеми нерівномірних осідань житлових будинків: а – прогин; б – вигин; в – кручення; г – перекис

У разі прогину тріщини концентруються біля фундаменту та розширюються донизу, у разі вигину – утворюються в карнізі та розкриття зменшується донизу. Кручення та перекис являють собою комбінаційну сукупність наведених ознак. Причинами цих деформацій можуть бути, зокрема: нерівномірність питомого тиску на ґрунти основ під подошвою фундаменту; неоднорідність і різна міцність ґрунтів основ; неоднорідність стисливості через різні фактори (наприклад, наявність жорстких включень, карстових або інших пустот, місцеве замочування лесових ґрунтів); вплив гірничих виробок (підробітків) або викопування відкритих котлованів і траншей поблизу будівлі; вплив вібрації (наприклад, забивання паль в безпосередній близькості від будівлі) [7].

У разі згину тріщини мають форму параболи (рис. 4), причому під час раптових

осідань парабола характеризується значною величиною осі порівняно з хордою [7].

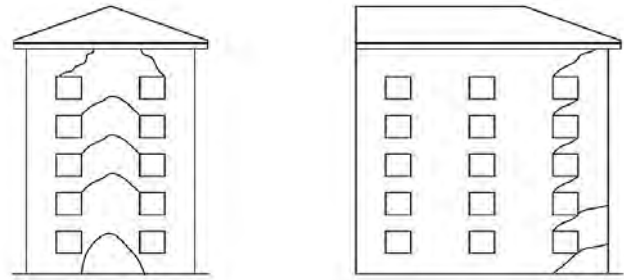


Рис. 4. Осадні тріщини у разі згину внаслідок комбінаційної сукупності нерівномірних осідань будівлі

На практиці в будь-якому разі наявність тріщин у будівельних елементах зумовлює необхідність спостереження за ними, що передбачає поділення конструкції, що зазнає негативного впливу від новобудови, на умовно жорсткі ділянки з послабленими взаємними конструктивними зв'язками та виявляє потребу визначення кількості та місць розташування марок (контрольованих точок) для кожного елемента. Кількість та місця розташування контрольованих точок впливають на обсяги робіт циклу інструментальних спостережень для будівель, прилеглих до нового будівництва.

Методи виконання та склад підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (тріщиноутворення) можна реалізувати за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків або дистанційної автоматизованої системи, для підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (просідання і крени) можна реалізувати використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру або дистанційної автоматизованої системи. Незалежно від методів реалізації та складу підсистеми моніторингу прилеглої забудови принцип розміщення точок спостереження однаковий (рис. 5).

Для формування інформаційно-математичної моделі визначення обсягів циклу інструментальних спостережень у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт запропоновано принцип розміщення точок спостереження на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини, і всі точки

рухаються як єдине ціле. На такій ділянці слід призначати три точки спостереження, що визначають зміну положення послаблених елементів споруди. Значення переміщень таких точок детерміновані, тобто мають властивість алгоритму, яка передбачає, що в ньому усі вказівки повинні бути чіткими й однозначними: значення величин, які отримують в конкретний момент часу, повинні визначатися значеннями величин, отриманими в попередні моменти часу. Найближчі точки умовно жорстких ділянок, що межують між собою, слід поєднати лінією, яка перетне наявну тріщину в точці, рекомендованій для її подальшого контролю.

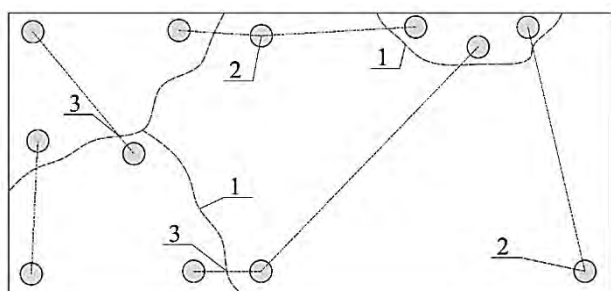
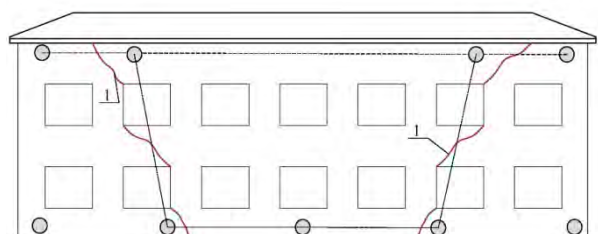
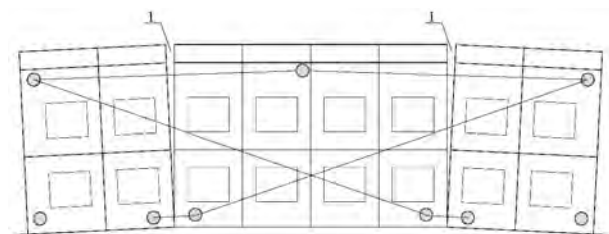


Рис. 5. Схема розміщення точок спостереження для типових тріщин: 1 – наявна тріщина; 2 – точки спостереження; 3 – лінія перетину наявної тріщини

Як видно із наведених вище схем, для підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (тріщиноутворення), реалізованої за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків або дистанційної автоматизованої системи, точки, які контролюються, необхідно розміщувати на перетині ліній, що проведені через точки спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі відносно існуючої тріщини. Для підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (просідання і крени), реалізованої з використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру або дистанційної автоматизованої системи – точки, які контролюються, необхідно розміщувати безпосередньо в точках спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі. Положення та кількість точок контролю можуть бути скориговані фахівцем відповідної кваліфікації. На рис. 6 наведено схеми визначення кількості точок спостереження. Схеми встановлення точок спостереження на зовнішніх цегляних стінах і стінах із залізобетонних панелей для інструментального моніторингу технічного стану будівель прилеглої забудови наведено на рис. 7.

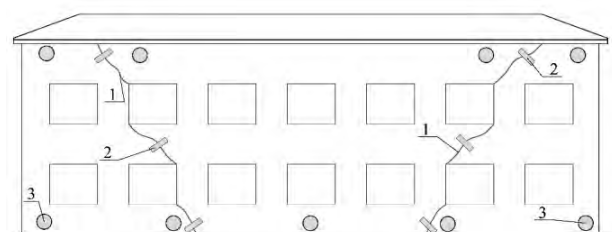


а)

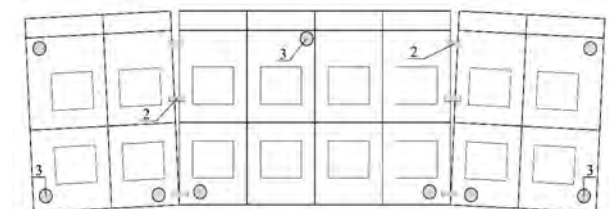


б)

Рис. 6. Схема визначення кількості точок спостереження: а) для типових тріщин зовнішніх цегляних стін; б) на панельному будинку з наявними деформаціями; 1 – наявна тріщина (щілина); 2 – маяк (датчик); 3 – геодезична марка



а)



б)

Рис. 7. Схеми встановлення точок спостереження: а) на цегляному будинку з наявними тріщинами; б) на панельному будинку з наявними деформаціями; 1 – наявна тріщина (щілина); 2 – маяк (датчик); 3 – геодезична марка

Контроль тріщиноутворення реалізують за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків. Контроль просідання і кренів виконують з використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру. Для постійного та дистанційного контролю застосовують автоматизовані системи. Осідання виявляють порівнянням висот осадкових марок, закріплених на спорудах. Зазначені марки розміщують так, щоб можна було з'ясувати особливості осідань в різних частинах споруди: уздовж осей фундаментів, в ділянках, де можливі найбільші осідання, поблизу тріщин в стінах будівлі, поблизу деформаційних і температурних швів, в місцях великого тиску і ненадійних ґрунтів. Висотною основою для визначення осідань служить мережа реперів, які закладаються так, щоб забезпечувалася стабільність їх положення по висоті на весь період спостережень [8].

Контроль тріщиноутворення реалізують за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків. Контроль просідання і кренів виконують з використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру. Для постійного та дистанційного контролю застосовують автоматизовані системи. Осідання виявляють порівнянням висот осадкових марок, закріплених на спорудах. Зазначені марки розміщують так, щоб можна було з'ясувати особливості осідань в різних частинах споруди: уздовж осей фундаментів, в ділянках, де можливі найбільші осідання, поблизу тріщин в стінах будівлі, поблизу деформаційних

і температурних швів, в місцях великого тиску і ненадійних ґрунтів. Висотною основою для визначення осідань служить мережа реперів, які закладаються так, щоб забезпечувалася стабільність їх положення по висоті на весь період спостережень [8].

Висновки. Наявність тріщин у будівельних елементах зумовлює необхідність спостереження за ними, що передбачає поділення конструкції, що зазнає негативного впливу від новобудови, на ділянки з послабленими взаємними конструктивними зв'язками.

Для формування інформаційно-математичної моделі визначення обсягів циклу інструментальних спостережень у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт запропоновано принцип розміщення точок спостереження на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини, і всі точки рухаються як єдине ціле.

Для підсистеми моніторингу прилеглої за будови з визначення контрольованого фактору деформації (тріщиноутворення) точки, які контролюються, необхідно розміщувати на перетині ліній, що проведені через точки спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі відносно наявної тріщини.

Для підсистеми моніторингу прилеглої за будови з визначення контрольованого фактору деформації (просідання і крени) точки, які контролюються, необхідно розміщувати безпосередньо в точках спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі.

Література

1. Осипов О.Ф., Гладун І.Т. Методика оцінки чинників впливу на параметри технологічних процесів при влаштуванні фундаментів з поруч існуючими будинками. *Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб.* Київ : КНУБА. 2004. Вип. 19. С. 179–185.
2. Шумаков И.В. Теоретико-методологические принципы формирования организационно-технологических решений возведения подземных частей гражданских зданий : дис. докт. техн. наук : спец. 05.23.08 «Технология та організація промислового та цивільного будівництва». Харків : ХНУБА. 2015. 390 с.
3. Єсипенко А.Д. Наукові основи забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». Дніпропетровськ : ДВНЗ «ПДАБА». 2007. 40 с.
4. Bryn M.J. Geodetic Monitoring of Deformation of Building Surrounding an Underground Construction / M.J. Bryn, D.A. Afonin, N.N. Bogomolova. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 189. Pp. 386–392.
5. Григоровський П.Є. Методологічні основи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при зведенні та експлуатації будівель і споруд : дис. д-ра техн. наук : спец. 05.23.08. Харків : ХТУБА. 2018. 503 с.
6. Бакулін Є.А. Визначення впливу нової за будови на фундаменти існуючих будівель. *Збірник Містобудування та територіальне планування*. 2014. вип. № 53. С. 10–15.
7. Ройтман А.Г. Деформации и повреждения зданий. Москва : Стройиздат. 1987. 160 с.
8. Калинин И.С., Купреева Е.Н., Бикашев И.Р. Геодезический мониторинг осадок зданий и сооружений на территории нефтегазодобывающего комплекса. *Омский научный вестник «Науки о Земле»*. 2009. № 1 (65). С. 94–97.

References

1. Osipov OF, Gladun IT Methods for assessing the factors influencing the parameters of technological processes in the arrangement of foundations with existing buildings // Urban Planning and Spatial Planning: scientific and technical. zb. Kyiv : KHUBA. 2004. Vip. 19. pp. 179–185.
2. Shumakov IV Theoretical and methodological principles of formation of organizational and technological solutions for the construction of underground parts of civil buildings: dis. Dr. tech. Science: special. 05.23.08 “Technology and organization of industrial and civil construction”. Kharkiv : KhNUBA. 2015. 390 p.
3. Yesipenko AD Scientific bases of ensuring reliability and safe operation of buildings and structures: author's ref. dis. for science. degree of Dr. Tech. Science: special. 05.23.08 “Technology and organization of industrial and civil construction”. Dnipropetrovsk: SHEI “PDABA”. 2007. 40 p.
4. Bryn M.J. Geodetic Monitoring of Deformation of Building Surrounding an Underground Construction / M.J. Bryn, D.A. Afonin, N.N. Bogomolova. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 189. Pp. 386–392.
5. Grigorovsky PE Methodological bases of formation of organizational and technological decisions of instrumental measurements at construction and operation of buildings and constructions: dis. Dr. Tech. Science: special. 05.23.08. Kharkiv : KhTUBA. 2018. 503 p.
6. Bakulin EA Determining the impact of new construction on the foundations of existing buildings. *Collection of Urban Planning and Spatial Planning*. 2014. vip. № 53. p. 10–15.
7. Roitman AG Deformation and damage to buildings. Moscow : Stroyizdat. 1987. 160 p.
8. Kalinchenko IS, Kupreeva EN, Bikashev IR Geodetic monitoring of sediment of buildings and structures on the territory of the oil and gas complex. Omsk scientific journal “Earth Sciences”. 2009. № 1 (65). Pp. 94–97.

METHODOLOGY OF RESEARCH VOLUME OF THE CYCLE INSTRUMENTAL OBSERVATIONS IN THE COMPOSITION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL INDICATORS OF MEASURING WORKS

Abstract. *The methodology for researching the volume of the cycle of instrumental observations of the state of buildings adjacent to the new building as part of the organizational and technological indicators of measuring work is substantiated.*

The presence of cracks in the building elements necessitates monitoring them, which provides for the separation of the structure, which is subjected to the negative influence from the new building, into conditionally rigid sections with weakened mutual structural ties and necessitates determining the number and location of grades (control points) for each element. The number and location of control points affect the volume of work of the instrumental observation cycle for buildings adjacent to new construction.

The principle of placing observation points on each conditionally rigid section is proposed, for which the preservation of the plane is provided and all points move as a whole.

It is determined that the observation points when measuring strains (crack formation) should be placed at the intersection of lines drawn through the observation points of adjacent conditionally rigid building elements relative to an existing crack, and when measuring strains (subsidence and rolls), directly at the observation points of adjacent conditionally rigid elements building.

Key words: *methodology, instrumental observations, adjacent buildings, new building, deformations, placement of observation points.*

Hrihorovskyi P.Ye.

Doctor of Technical Sciences, Senior Research Officer, First Deputy Director,
State Enterprise “Scientific Research Institute of Building Production”, Kyiv

Murasova O.V.

State Enterprise “Research Institute of building Production”, Kyiv

УДК 624.05

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.2>**Борисов А.А.**к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса**Кирилюк С.В.**к.т.н., заведующий лабораторией кафедры технологии строительного производства,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА

Анотація. Влаштування протифільтраційних екранів є одним із найпрогресивніших способів боротьби з підземними водами. Розглянуто випадок відсутності водоупора, на досяжній глибині, під час влаштування суцільного протифільтраційного екрана. Як альтернатива розроблена технологія влаштування суцільного протифільтраційного екрана під будівлею або спорудою, які схильні до підтоплення, з використанням двонапрямлених шнеків із поперечним розташуванням у свердловині. Досліджено три швидкості розробки плоскою свердловини шнеком із поперечним розташуванням. Крім зміни швидкості, варіювалися також навантаження, що діють на шнек у напрямі розробки від власної ваги і з додатковою вагою. Шнек приводився до руху електроінструментом для фіксування енергоспоживання у процесі розробки за допомогою енергометра. Зростання швидкості обертання і навантаження на шнек призводять до збільшення швидкості розробки і споживаної потужності електроінструменту. Виявлено залежності швидкості розробки ґрунту від частоти обертання шнека і від впливу додаткового навантаження на шнек. Двонапрямлений шнек, залежно від напрямку обертання, за або проти годинникової стрілки, може виконувати розробку або перемішування розчину з ґрунтом при створенні проти фільтраційного екрана. Крок зупинки під час переміщення по висоті становив підлогу діаметра шнека для перемішування розчину. Наведено залежність швидкості бетонування від швидкості обертання шнека. Отримані експериментальні дані були проаналізовані за допомогою програмного комплексу ComrEX. Складено матриці варіювання факторів у процесі визначення пластичної міцності зразків, дослідження технологічних параметрів швидкості розробки ґрунту і дослідження технологічних параметрів швидкості бетонування.

Ключові слова: протифільтраційний екран, розробка ґрунту, підтоплення територій, буріння свердловин.

Постановка проблемы. Эффективным способом защиты зданий и сооружений от подземных вод является устройство вертикальных противофильтрационных экранов. Шнек буровой установки направлен вдоль скважины [1–3], и устройство антифильтрационного экрана трудоемко из-за большого количества рядом расположенных скважин.

В экспериментальном исследовании шнек расположен перпендикулярно направляющим скважинам и используется для разработки, транспортировки и смешивания грунта с твердеющими растворами. Как альтернатива может применяться разработанная технология устройства сопряженного проти-

вофильтрационного экрана под существующими зданиями и сооружениями с использованием шнекового оборудования.

Анализ последних достижений. При сооружении противофильтрационных экранов более эффективно бурение скважин прямоугольного сечения. С помощью прямоугольного сечения сохраняется постоянная толщина экрана, что в итоге приводит к уменьшению объемов разрабатываемого грунта и экономии твердеющего раствора. Конструкция бурового инструмента с криволинейной рабочей поверхностью предложена в Казахском политехническом институте [4]. Конструкция бурового инструмента предназ-



Рис. 1. Разработка грунта в направляющую скважину

начена для разработки вертикальных скважин прямоугольного сечения и может быть использована при сооружении противофильтрационного экрана с водоупором. При отсутствии водоупора на достигаемой глубине использование горизонтально направленного бурения и использование шнекового оборудования позволит создать противофильтрационный экран под существующим зданием и сооружением [5; 6].

Цель работы. Определить зависимости скорости разработки грунта и бетонирования разработанной технологии устройства сплошного противофильтрационного экрана под существующим зданием или сооружением, которые подвержены подтоплению, с использованием двунаправленных шнеков.

Результаты исследования. При вращении шнека за часовой стрелкой производится разработка грунта в направляющую скважину (рис. 1).

При разработке грунта использовалось 3 скорости:

- 1) высокая – 1,5 об/с (90 об/мин);
- 2) средняя – 1 об/с (60 об/мин);
- 3) низкая – 0,5 об/с (30 об/мин).

В качестве привода для вращения однонаправленной части шнека использовался перфоратор (рис. 2).

При разработке с разной частотой вращения (низкой, средней и высокой) энергометром (ваттметром) замерялась мощность, потребляемая приводом.

Мощность колебалась от 245 до 560 Вт, соответственно, при низкой и высокой скорости вращения (разработка под собственным весом шнека) (рис. 3).



Рис. 2. Вращение шнека при помощи перфоратора



Рис. 3. Измерение мощности при различной частоте вращения шнека

При вращении шнека со скоростью выше 2 об/с наблюдались вибрации и обрывы грун-

та, в связи с этим не рекомендуется превышать данную частоту вращения.

Разработка производилась под собственным весом шнека – 3,2 кг.

В процессе бурения при каждой из вышеуказанных скоростей замерялась скорость разработки грунта, а именно: количество времени за которое шнек проходит 1 м при непрерывной разработке грунта. В результате были получены зависимости скорости разработки грунта от скорости вращения шнека (рис. 4).

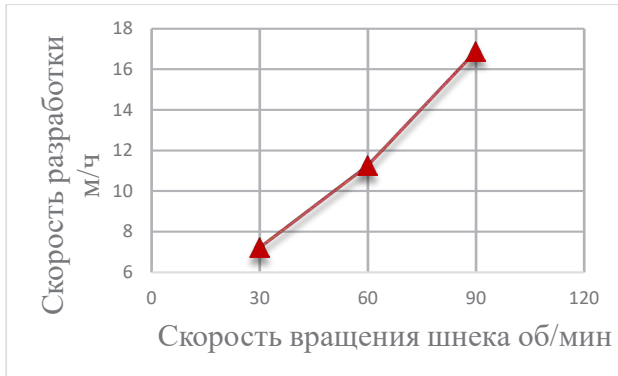


Рис. 4. Зависимость скорости разработки грунта от частоты вращения шнека

Для изменения скорости разработки, кроме собственного веса шнека, прикладывается дополнительный вес, который приводит к увеличению крутящего момента, требуемого для вращения шнека.

Дополнительный вес прикладывается с обеих сторон ящика к валу шнека грузами через подшипники по направляющим либо с помощью электронного динамометра (рис. 5), чтоб минимизировать влияние сил трения. Масса грузов изменяется от 0,5 до 3,5 кг, увеличивая врезание лопастей шнека в грунт и скорость разработки скважины.

Было исследовано влияние тянущего усилия (доп. веса) при частоте 30 об/мин.

Нагрузка при бурении составлялась из собственного веса шнека плюс дополнительный. Было выделено 5 режимов бурения с использованием дополнительного тянущего усилия, при этом лопасти шнека врезались в грунт на разные величины:

- 1) без дополнительного веса – врезание в грунт лопастей – 1,5 см;
- 2) груз 0,5 кг – 1,5–2 см;
- 3) груз 1 кг – 2 см;
- 4) груз 2 кг – 3 см;
- 5) груз 3,5 кг – 4,5–5 см.



Рис. 5. Приложение тянущего усилия грузом через подшипники вдоль направляющей скважины

При дополнительном весе 3,5 кг и более наблюдалось значительное увеличение крутящего момента и погружение лопастей достигло максимума (до оси вращения шнека). В связи с тем, что груз дает увеличение скорости разработки за счет большего врезания лопастей, а при 3,5 кг врезание лопастей достигло максимума применение тянущего усилия свыше 3,5 кг при бурении вниз (вдоль скважины) и горизонтально не является целесообразным.

В процессе бурения при каждом из вышеуказанных режимов работы замерялась скорость бурения, а именно – количество времени за которое шнек проходит 1 м при непрерывной разработке грунта. В результате были получены зависимости скорости разработки грунта от тянущего усилия при скорости вращения шнека 30 об/мин (рис. 6).

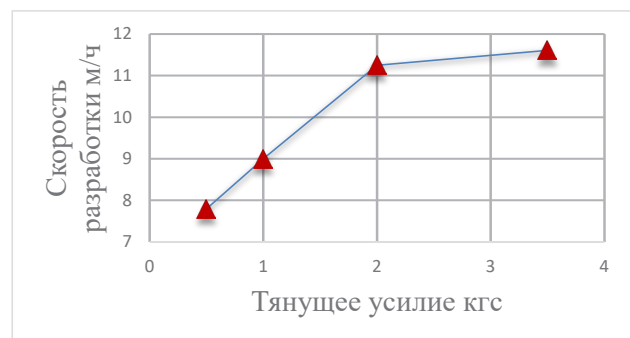


Рис. 6 Зависимость скорости разработки грунта от тянущего усилия при частоте вращения 30 об/мин

При вращении шнека против часовой стрелки производится бетонирование со стоянками каждые 5 см для перемешивания подаваемого раствора и грунта (рис. 7).



Рис. 7. Процесс перемешивания раствора и готовый очищенный участок экрана

Для определения скорости бетонирования при различных скоростях вращения шнека (высокой, средней и низкой) засекалось время перемешивания одной стоянки шнека. Стоянки производятся каждые 5 см (половина диаметра шнека) для тщательного перемешивания подаваемого раствора и грунта до образования однородной монолитной массы.

На 1 м приходится 22 стоянки. При различной частоте вращения шнека время одной стоянки и переход на следующую составляет:

- 1) 30 об/мин – 30 с;
- 2) 60 об/мин – 19 с;
- 3) 90 об/мин – 15 с.

Приведя данные к 1 м бетонирования получаем, соответственно, 5,5 м/ч, 8,6 м/ч и 10,9 м/ч.

На рисунке 8 показана зависимость скорости бетонирования от скорости вращения шнека.

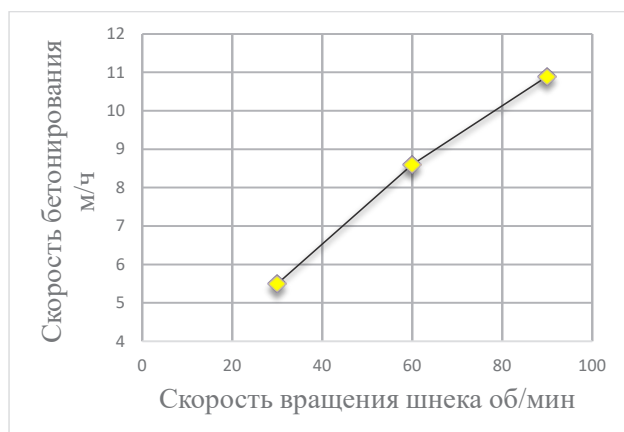


Рис. 8. Зависимость скорости бетонирования от скорости вращения шнека

Анализ полученных экспериментальных данных был проведен с помощью программного комплекса ComrEX 2009.01. Составлены матрицы варьирования факторов.

Уровни изменения факторов при определении пластической прочности (y_2) образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Уровни изменения факторов при определении пластической прочности

Наименование фактора	Значения факторов		
	-1	0	1
Концентрация фибры X_1	3%	6%	9%
Концентрация бентонита X_2	5%	10%	15%
Концентрация жидкого стекла X_3	6%	12%	18%

Уровни изменения факторов при исследовании технологических параметров скорости разработки грунта (y_4) в таблице 2.

Таблица 2. Уровни изменения факторов при исследовании технологических параметров скорости разработки грунта

Наименование фактора	Значения факторов		
	-1	0	1
Угловая скорость X_1	0,5 об/с	1 об/с	1,5 об/с
Тяговое усилие X_2	3,2 кгс	4,2 кгс	5,2 кгс

Уровни изменения факторов при исследовании технологических параметров скорости бетонирования (y_5) приведены в таблице 3.

Таблица 3. Уровни изменения факторов при исследовании технологических параметров скорости бетонирования

Наименование фактора	Значения факторов		
	-1	0	1
Угловая скорость X_1	0,5 об/с	1 об/с	1,5 об/с
Скорость подачи состава X_2	30 м ³ /ч	40 м ³ /ч	50 м ³ /ч

Выводы. Определены и приведены зависимости скорости разработки грунта от частоты вращения шнека, от тянущего усилия при частоте вращения 30 об/мин и скорости бетонирования от скорости вращения шнека.

Составлены матрицы варьирования факторов при определении пластической прочности, исследовании технологических параметров скорости разработки грунта и исследовании технологических параметров скорости бетонирования.

Литература

1. Кантович Л.И., Хазанович Г.Ш. Машины для горностроительных работ : Учебное пособие. Москва : Издательство «Горная книга», 2011. 445 с.
2. Бунтман А.Д. Об использовании противofiltrационных завес для защиты котлованов от притока грунтовых вод. *Энергетическое строительство*. 1978. № 2. С. 86–87.
3. Бадин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2013. 288 с.
4. Лысенко В.М., Ситников В.Д., Ситников Е.В. Буровой инструмент для образования прямоугольного сечения / патент № 400699, 1973.
5. Менейлюк А.И. Разработка технологии устройства сплошного противofiltrационного экрана / Менейлюк А.И., Петровский А.Ф., Борисов А.А., Кирилюк С.В. *Нові технології в будівництві*. 2018. Вип. 34. С. 89–94.
6. Спосіб спорудження екрана під спорудою: пат. на корисну модель 133819 Україна : МПК E02D 31/00, № u 2018 10960; заяв. 06.11.2018; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.

References

1. Kantovich L.I., Hazanovich G.Sh. Mashinyi dlya gornostroitelnyih rabot. Uchebnoe posobie. M.: Izdatelstvo «Gornaya kniga», 2011. 445 p.
2. Buntman A.D. Ob ispolzovanii protivofiltratsionnyih zaves dlya zashchityi kotlovanov ot pritoka gruntovyih vod. *Energeticheskoe stroitelstvo*. 1978. # 2. P. 86–87.
3. Badin G.M., Syichev S.A., Sovremennyye tehnologii stroitelstva i rekonstruktsii zdaniy. SPb: BHV-Peterburg, 2013. 288 s.
4. Lyisenko V.M., Sitnikov V.D., Sitnikov E.V. Burovoy instrument dlya obrazovaniya pryamougolnogo secheniya / patent # 400699, 1973.
5. Meneylyuk A.I. Razrabotka tehnologii ustroystva sploshnogo protivofiltratsionnogo ekrana / Meneylyuk A.I., Petrovskiy A.F., Borisov A.A., Kirilyuk S.V. *Novi tehnologiyi v budivnitsvi*. 2018. Vip. 34. P. 89–94.
6. Sposib sporudzhennya ekrana pid sporudoyu: pat. na korisnu model 133819 UkraYina : MPK E02D 31/00, # u 2018 10960; zayav. 06.11.2018; opubl. 25.04.2019, Byul. #8.

DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FILTER SCREEN DEVICES

Abstract. The device of antifiltration screens is one of the most progressive ways of struggle against underground waters. The case of absence of water resistance, at the reached depth, at the device of the continuous antifiltration screen is considered. Alternatively, a solid anti-leakage screen technology has been developed under an existing building or structure that is subject to flooding, using bidirectional augers with a transverse arrangement in the well. Three specific speeds of flat well auger development with a transverse arrangement have been studied. In addition to the change in speed, the load acting on the auger in the direction of development from its own weight and with additional weight also varied. The auger was driven by a power tool to record energy consumption during development, using an energy meter. Increasing the speed of rotation and the load on the auger lead to an increase in the speed of development and power consumption of the power tool. The dependences of the speed of soil development on the frequency of rotation of the auger and on the impact of additional load on the auger are revealed. The bidirectional auger, depending on the direction of rotation, clockwise or counterclockwise, can develop or mix the solution with

the soil when creating an anti-filtration screen. The stopping step, when moving in height, was half the diameter of the auger for mixing the solution. The dependence of the concreting speed on the screw rotation speed is given. The obtained experimental data were analyzed using the CompEX software package. Matrices of variation of factors at definition of plastic durability of samples, at research of technological parameters of speed of development of soil and at research of technological parameters of speed of concreting are made.

Key words: anti-filtration screen, development of soil, flooding of territories, drilling of wells.

Borisov A.A.

Ph.D., Associate Professor at the Department of Technology of Building Production,
Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa

Kirilyuk S.V.

Ph.D., Head of Laboratory Department of Construction Technology,
Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa

УДК 691.32.001.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.3>**Дмитрієва Н.В.**

к.т.н., доцент,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

Трофимова Л.Е.

к.т.н., доцент,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

Кирилюк С.В.

к.т.н., заведующий лабораторией,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

Шамшур А.П.

преподаватель, заведующий лабораторией,

Бендерский политехнический филиал

Приднестровского государственного университета имени Т.Г. Шевченко, Молдова

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ЭКРАНОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Анотація. У статті розглянуті причини порушення гідроізоляції підземних частин будівель із вапняку-черепашнику. Розкриваються проблеми збереження історичних будівель і споруд із вапняку-черепашнику в Україні та Молдові, такі як Одеський театр опери та балету, Будинок Страца, Бродська синагога, Дім Маразлі, Білгород-Дністровська та Бендерська фортеці, Башта Вітрів, Костел святого Каєтана, Порохової льох фортеці Тирасполь, Водяний Млин, Церква Архангела Михаїла в с. Строєнци і багато інших.

Обґрунтовано доцільність проведення досліджень ефективності ін'єкційної технології в процесі влаштування гідроізоляційних екранів в залежності від таких факторів: глибина ін'єктування (X_1); діаметр шпурів (X_2); крок ін'єктування (X_3) при діапазоні варіювання X_1 – 14, 16 і 18 см, X_2 – 8, 12 і 16 мм, X_3 – 10, 15 і 20 см

На основі методів математичної теорії експерименту побудований комплекс експериментально-статистичних моделей, аналіз яких дав змогу оцінити інтенсивність капілярного всмоктування системи «гідроізоляційний екран – вапняк-черепашник» залежно від глибини ін'єктування, діаметру ін'єктора і кроку його розташування.

Запропоновано і обґрунтовано схему розташування шпурів ін'єктування для забезпечення гідроізоляції конструкцій, яка дає змогу на 6–12% більше заповняти капілярно-пористого простору кладки в порівнянні з іншими схемами.

Прийнята фізична модель поширення ін'єкційного складу в пористій структурі вапняку-черепашнику дозволила проаналізувати глибину, діаметр, крок ін'єктування, які впливають на область поширення розчину в масиві конструкції. Глибина ін'єктування дійсно є однією з найважливіших технологічних характеристик у процесі влаштування внутрішньоконструкційного гідроізоляційного екрана. З технологічної точки зору ступінь впливу кроку ін'єктування на інтенсивність капілярного вологопереносу є досить високою, бо прямим чином позначається на кількості діючого гідроізоляційного складу в товщі, яка ін'єктується, а також на трудовитрати при виконанні гідроізоляційних робіт. Величина діаметра шпурів не робить значного впливу на досліджуваний показник у рамках вибраних умов експерименту.

Ключові слова: вапняк-черепашник, ін'єкційна гідроізоляція, гідроізоляційний екран, капілярний ефект, математичне моделювання.

Постановка проблемы. В настоящее время наблюдается тенденция к возрождению у населения активного интереса к истории своего края. Реконструкция исторической застройки стала социально значимой. В связи с этим остро стоит проблема сохранения исторических зданий и сооружений, неудовлетворительное состояние которых требует мероприятий по спасению их от повреждений, о которых наглядно свидетельствуют многочисленные трещины, обрушившиеся конструкции, а то и вовсе разрушения уникальных сооружений.

Как свидетельствуют данные обследований зданий и сооружений, в южном регионе Украины и Молдовы наиболее остро наблюдается снижение эксплуатационной надежности подземных частей объектов, то есть объектов с нарушенной или вышедшей из строя вертикальной и горизонтальной гидроизоляцией, находящейся в грунтовой среде.

Зачастую отечественные строительные фирмы без должного критического анализа используют импортные материалы и технологии, не предназначенные для определенных гидрогеологических условий. В результате после выполненных гидроизоляционных работ состояние здания или сооружения не улучшается.

При выборе типа гидроизоляции необходимо определить его соответствие предъявляемым требованиям с учетом специфики и состояния конкретного объекта, гидрогеологических условий, глубины заложения подземных конструкций, влияния изменения окружающей среды, и только после этого определить состав принятой гидроизоляции (количество слоев, толщину) [3].

Методы гидроизоляции старинных построек должны удовлетворять требованиям как к их конструкционной сохранности, так и к сохранению внешнего облика [4]. Поэтому исследования, посвященные поиску оптимальных технологических решений устройства гидроизоляционных экранов зданий из известняка-ракушечника, являются актуальными.

Анализ последних исследований. Основная часть зданий и сооружений в южном регионе Украины и Молдовы была возведена из известняка-ракушечника, который на протяжении многих лет является местным строительным материалом.

Среди множества зданий и сооружений, построенных из пильного известняка, есть

и объекты культурного наследия: Одесский театр оперы и балета, Дом Страца, Бродская синагога, Дом Маразли (рис. 3), Белгород-Днестровская и Бендерская крепости (рис. 4, 5), Башня Ветров, Костел святого Каэтана (рис. 2), Пороховой погреб крепости Тирасполь, Водяная Мельница (рис. 1), Церковь Архангела Михаила в с. Строенцы и многие другие.



Рис. 1. Водяная Мельница с. Строенцы, Молдова



Рис. 2. Костел святого Каэтана с. Рашков, Молдова

Кладка подземных частей зданий из известняка-ракушечника подвергается воздействию деструктивных процессов, связанных с фильтрацией подземных вод, выщелачиванием, что постепенно приводит к утрате структурной целостности и ухудшению физико-механических свойств конструкции.

В результате наступает физический износ этих конструкции, проявляющийся в образовании трещин, пустот, провалов, что нередко влечет к обрушению отдельных частей сооружения или сооружения в целом.



Рис. 3. Дом Маразли, ул. Пушкинская, 4, Одесса

Также причиной непродолжительного срока службы гидроизоляции могут стать: низкое качество гидроизоляционных материалов, большое число ручных операций, несовершенство и недостаток средств механизации.

В последние годы все более нарастающими темпами проводятся исследования по совершенствованию технологии и механизации гидроизоляционных работ, разработке новых технологических процессов, созданию новых

материалов, применение которых позволило бы получать качественную гидроизоляцию с высокой эксплуатационной эффективностью.

Вопросами изучения физико-механических свойств камня известняка ракушечника занимались А.В. Комышев, П.Л. Еременок, Ю.В. Измайлов, А.Г. Фигаров, Ф.М. Оруджев, Н.Т. Турсунов, С.Н. Щербина [1–3] и др.

Вопросам защиты конструкций подземной части зданий и устройства гидроизоляции посвящены труды С.Н. Алексеева, В.О. Афанасьева, В.И. Бабушкина, В.В. Бойко, Ю.М. Баженова, Д.Ф. Гончаренко, А.А. Шилина, О.А. Лукинского, В.П. Хоменко, С.Н. Леоновича, Е.К. Карапузова, В.Г. Соха, А.И. Меньлюка, Н.В. Дмитриевой и др.

Цель работы. В связи с вышеизложенным целесообразно проведение исследования эффективности инъекционной технологии при устройстве гидроизоляционных экранов в зависимости от следующих факторов: глубина инъектирования (X_1); диаметр шпура (X_2); шаг инъектирования (X_3).

Результаты исследований. Глубина инъектирования – 14, 16 и 18 см. Диаметры используемых шпуров – 8, 12 и 16 мм. Шаг инъектирования – 10, 15 и 20 см (рис. 6).

Эксперимент проводился с использованием образцов известняка-ракушечника Григориопольского карьера (Молдова) марки М35. Макроструктура образца приведена на рис. 7. Определялось изменение величины капиллярного влагопереноса для образцов, подвергавшихся инъектированию гидроизоляционным составом SiltekVP-35. Высота



Рис. 4. Бендерская крепость (Молдова)

подъема жидкости при капиллярном всасывании – 5, 10 и 15 мм.

Эксперименты по определению критерия качества материала (капиллярного подсоса) проводились по трехуровневому 15-точечному трехфакторному плану типа ВЗ. Расчет коэффициентов и регрессионный анализ моделей типа (1) проводились по системе COMPEX [5]

$$\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_{11}x_1^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_2x_2 + b_{22}x_2^2 + b_{23}x_2x_3 + b_3x_3 + b_{33}x_3^2. \quad (1)$$

Переход от натуральных переменных к кодированным осуществлен по стандартной методике (2):

$$x_i = (X_i - X_{0i}) / \Delta X_i, \text{ где } X_{0i} = 0,5 (X_{imax} + X_{imin}); \Delta X_i = 0,5 (X_{imax} - X_{imin}) \quad (2)$$

По результатам расчета в программном комплексе COMPEX были получены следующие экспериментально-статистические модели (3–5) капиллярного переноса жидкости при высоте подъема жидкости 5, 10 и 15 мм:

$$\hat{Y}_1 = 99,24 - 10,80x_1 - 27,56x_1^2 + 17,44x_2^2 - 14,30x_3 + 7,94x_3^2, \quad (3)$$

$$\hat{Y}_2 = 130,47 - 16,70x_1 - 28,83x_1^2 + 5,13x_1x_2 + 22,67x_2^2 + 3,88x_2x_3 - 20,40x_3 + 8,67x_3^2, \quad (4)$$

$$\hat{Y}_3 = 151,82 - 9,00x_1 - 18,78x_1^2 + 6,50x_1x_2 + 3,60x_2 + 16,22x_2^2 - 21,80x_3 + 11,22x_3^2. \quad (5)$$



Рис. 6. Схема расположения инъектора диаметром 16 мм с шагом 10 см

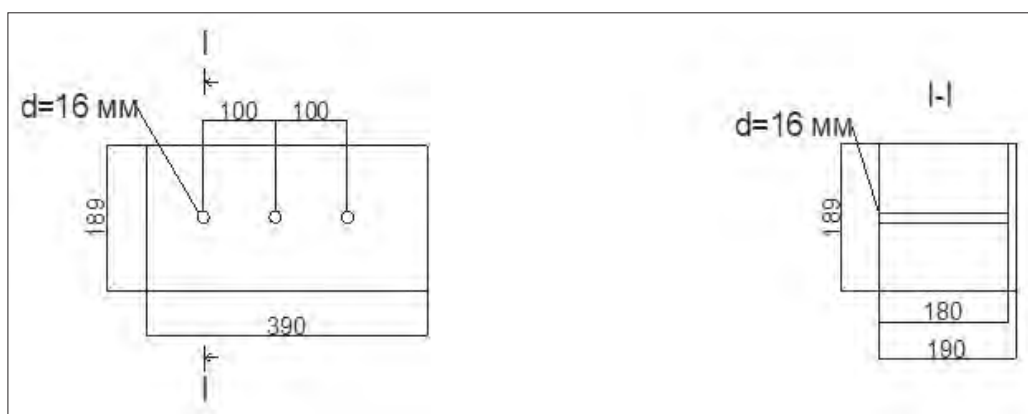


Рис. 7. Структура образцов Григориопольского карьера

Анализ графиков ранжирования на рис. 8 показал, что степени влияния варьируемых факторов на показатель интенсивности капиллярного переноса влаги (высота подъема жидкости 5 мм) одинаковы в зонах максимума и минимума при одинаковом характере ранжирования. Наиболее значительным является фактор глубины инъектирова-

ния. Большое влияние оказывает величина шага инъектирования. При этом величина диаметра шпура существенного влияния на интенсивность капиллярного влагопереноса не оказывает.

При рассмотрении ранжирования степени влияния варьируемых факторов на показатель интенсивности капиллярного переноса

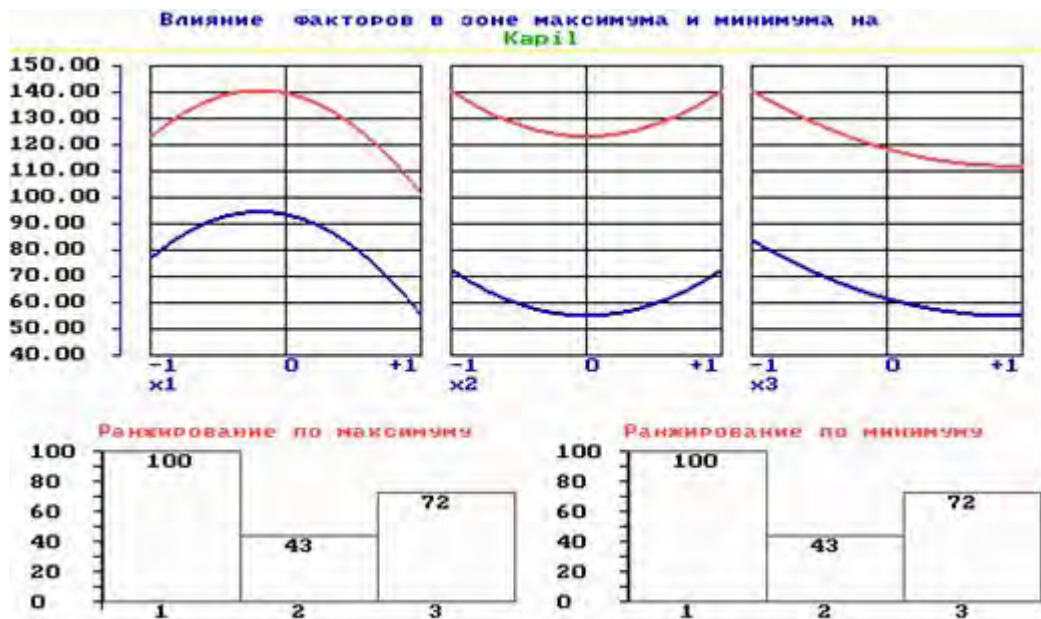


Рис. 8. Ранжирование влияния варьируемых факторов на показатель интенсивности капиллярного влагопереноса при высоте подъема жидкости 5 мм

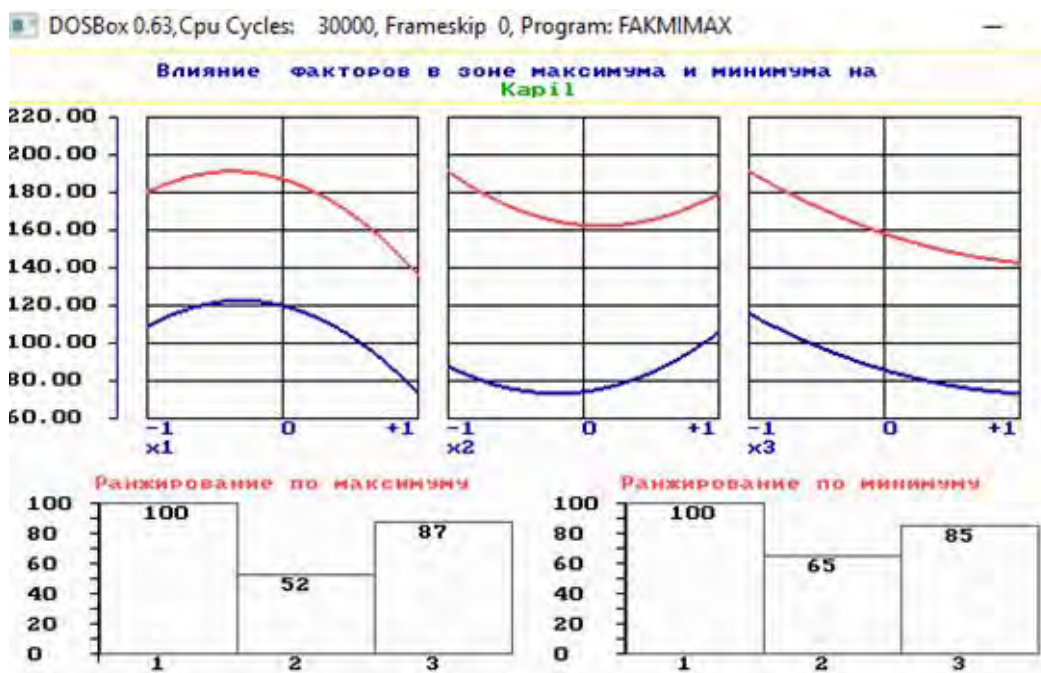


Рис. 9. Ранжирование влияния варьируемых факторов на показатель интенсивности капиллярного влагопереноса при высоте подъема жидкости 10 мм

влаги при высоте подъема жидкости 10 мм (время 5 мин) выясняется, что степени влияния факторов в зоне экстремумов различны, хотя характер их ранжирования одинаков (рис. 9).

В зоне максимума наибольшее влияние на интенсивность капиллярного влагопереноса оказывают два фактора: глубина инъектирования (в большей степени) и шаг инъектирования. Диаметр инъектирования незначительно влияет на изменение показателя интенсивности. В зоне минимума влияние глубины инъектирования также является наиболее значимым; при этом степень влияния шага инъектирования немного снизилась. Степень значимости диаметра шпура в данном факторном пространстве несколько увеличилась.

Как видно из рис. 10, при высоте подъема жидкости 15 мм (время 5 мин) наибольшее влияние на показатель интенсивности капиллярного переноса влаги в зоне максимума оказывает шаг инъектирования. При этом степень влияния глубины инъектирования и диаметра шпура находятся примерно на одном уровне (достаточно низком). В зоне минимума влияние шага инъектирования также является наиболее значительным. Степень влияния глубины инъектирования и диаметра шпура повысилась.

Таким образом, анализ графиков на рис. 8–10 показал, что наибольшее влияние на интенсивность капиллярного влагопереноса в рамках выбранного факторного пространства оказывают глубина и шаг инъектирования; при этом значимость шага инъектирования увеличивается по мере роста высоты подъема жидкости. Диаметр шпура не оказывает значительного влияния на исследуемый показатель во всем диапазоне изменения высоты подъема жидкости.

Как известно, влияние каждого из факторов на расчетное значение выхода системы $\hat{Y}$ описывается параболой. Однако в своем влиянии на показатель качества $\hat{Y}$ фактор x_i не независим, а взаимодействует с другими факторами x_j , что находит количественную оценку в эффектах модели типа $b_{ij}x_i x_j$. Поэтому анализ влияния факторов следует вести по квазиоднофакторным моделям вида:

$$\hat{W}_i = \hat{Y} \{x_j\} - b_{0j} = (b_i + b_{ij}x_j) x_i + b_{ii}x_i^2, \quad (6)$$

где b_{0j} – свободный член, отражающий влияние на выход всех членов полинома, кроме включенных в модель (6). Таким образом, для модели типа (1) в общем случае могут быть получены по три квазиоднофакторные модели типа (6).

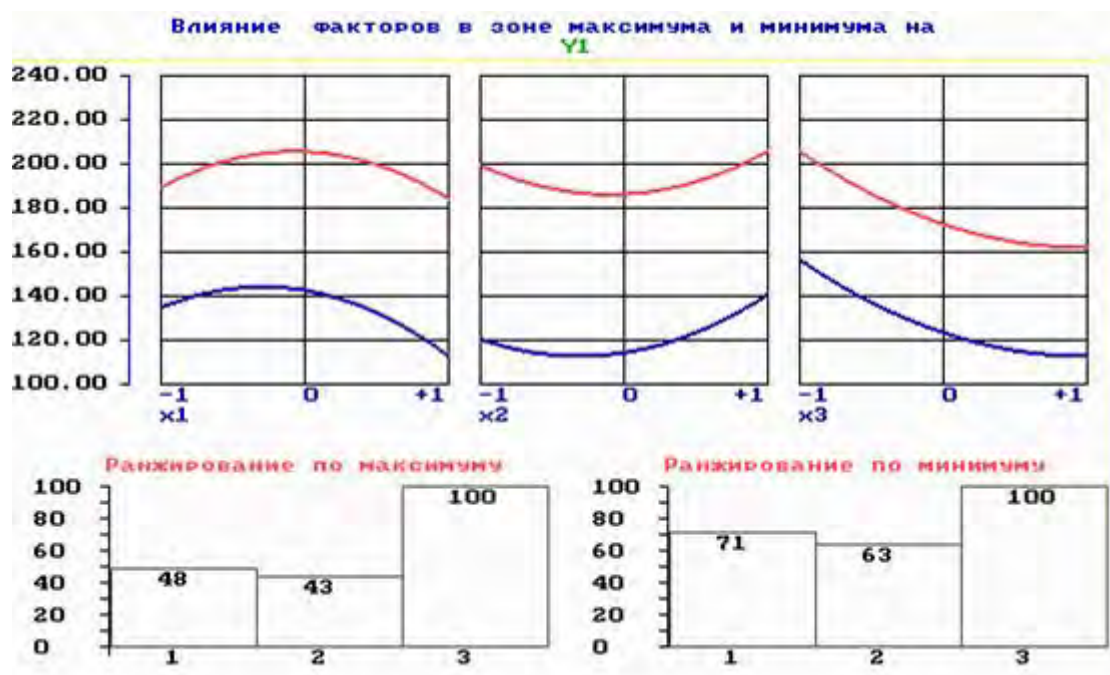


Рис. 10. Ранжирование влияния варьируемых факторов на показатель интенсивности капиллярного влагопереноса при высоте подъема жидкости 15 мм

Следует отметить, что в модели интенсивности капиллярного переноса жидкости при высоте подъема жидкости 5 мм (3) эффекты взаимодействия отсутствуют.

Для модели (4) получено три квазиоднофакторные модели типа (7–9):

$$\hat{W}_{3/1} = (-16,70 + 5,13 x_2)x_1 - 28,83 x_1^2, \quad (7)$$

$$\hat{W}_{3/2} = (+5,13 x_1 + 3,88 x_3)x_2 + 22,67 x_2^2, \quad (8)$$

$$\hat{W}_{3/3} = (-20,40 + 3,88 x_2)x_3 + 8,67 x_3^2, \quad (9)$$

Из анализа моделей (7–9) получены важные результаты. Эффекты взаимодействия b_{ij} меняют значение линейного эффекта b_i . Поскольку каждый фактор исследуется в пределах от -1 до $+1$, то их подстановка в модели (7–9) приводит от единичной параболы к семейству парабол (10–12):

$$\hat{W}_{3/1} = (-16,70 \pm 5,13)x_1 - 28,83 x_1^2, \quad -21,83 \leq b_{x_1} \leq -11,57, \quad (10)$$

$$\hat{W}_{3/2} = (\pm 9,01)x_2 + 22,67 x_2^2, \quad -9,01 \leq b_{x_2} \leq +9,01, \quad (11)$$

$$\hat{W}_{3/3} = (-20,40 \pm 3,88)x_3 + 8,67 x_3^2, \quad -24,28 \leq b_{x_3} \leq -16,52, \quad (12)$$

Такие семейства парабол изображены на рис. 11, на котором нанесены центральная и две граничные параболы, а зона существо-

вания семейств заштрихована. Эффекты взаимодействия передвигают вершину неизменной параболы вдоль оси x_i .

Анализ квазиоднофакторных моделей на рис. 11 дал возможность сделать выводы о роли каждого фактора с учетом эффектов взаимодействия.

Переход к большей глубине шпура вначале приводит к увеличению Y , затем этот эффект понижается. Положение фактора x_1 , соответствующее максимальному значению выхода, определяется уровнем стабилизации других факторов.

Увеличение диаметра шпура до 12 мм вызывает уменьшение Y ; дальнейшее увеличение диаметра приводит к росту Y .

Увеличение шага инъектирования приводит к уменьшению во всем диапазоне изменения X_3 .

Для модели (5) также получены три квазиоднофакторные модели, представленные на рис. 12. Следует отметить, что характер влияния факторов на Y со временем не изменился.

Анализ показал, что максимальное значение Y во всех трех случаях обеспечивается одинаковыми уровнями факторов: незначительная глубина шпура, максимальный диаметр шпура, минимальный шаг инъектирования, что соответствует глубине

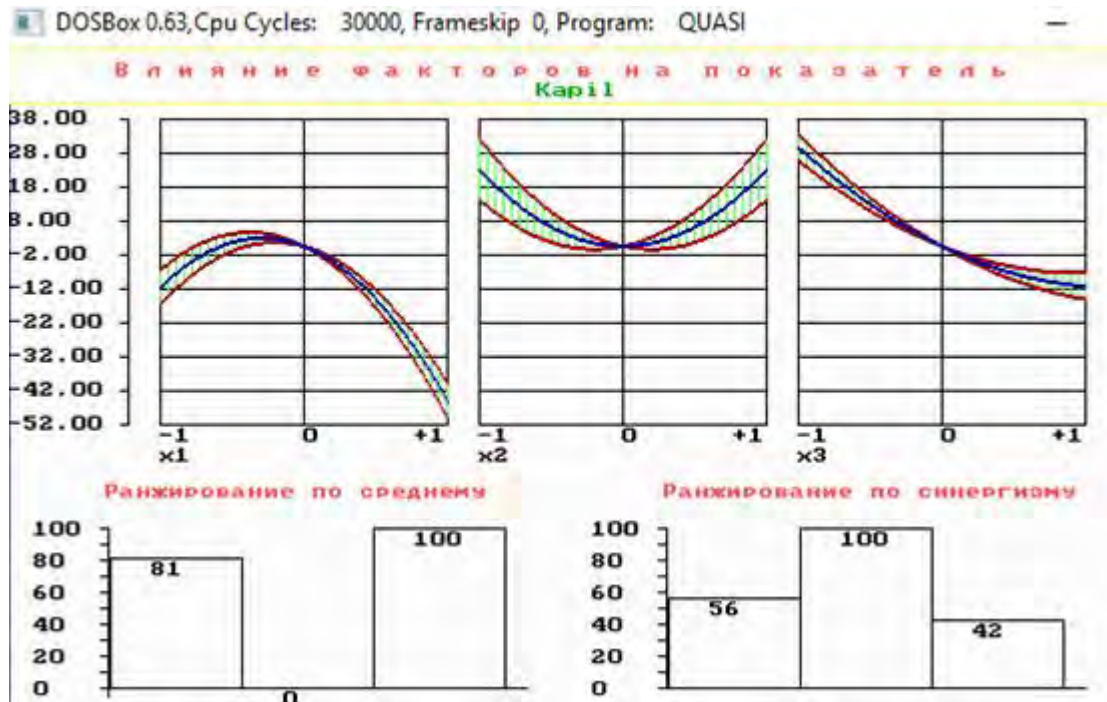


Рис. 11. График влияния факторов на показатель интенсивности капиллярного влагопереноса при высоте подъема жидкости 10 мм

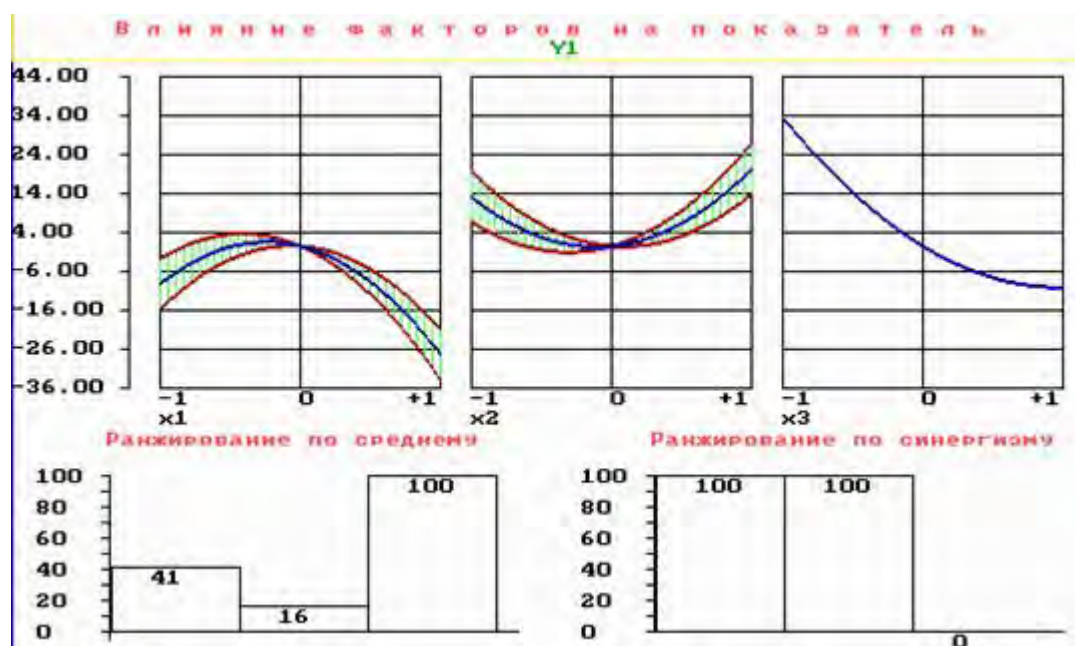


Рис. 12. График влияния факторов на показатель интенсивности капиллярного влагопереноса при высоте подъема жидкости 15 мм

инъектирования 14 см, диаметр шпура 8 мм, шаг инъектирования 15 см.

Минимальное значение Y на протяжении всего эксперимента обеспечивается максимальной глубиной шпура при значительном шаге инъектирования, что соответствует глубине инъектирования 18 см, шагу инъектирования 20 см. При этом диаметр шпура не превышает 12 мм.

Выводы. Предложена и обоснована схема расположения шпуров инъектирования для обеспечения гидроизоляции конструкций, которая позволяет на 6–12% больше заполнить капиллярно-пористого пространства кладки по сравнению с другими схемами.

Принятая физическая модель распространения инъекционного состава в пористой структуре известняка-ракушечника позволи-

ла проанализировать глубину, диаметр, шаг инъектирования, которые оказывают влияние на область распространения раствора в массиве конструкции. Глубина инъектирования действительно является одной из важнейших технологических характеристик при устройстве внутриконструкционного гидроизоляционного экрана. С технологической точки зрения степень влияния шага инъектирования на интенсивность капиллярного влагопереноса является достаточно высокой, так как прямым образом сказывается на количестве действующего гидроизоляционного состава в инъектируемой толще, а также на трудозатратах при выполнении гидроизоляционных работ. Величина диаметра шпура не оказывает значительного влияния на исследуемый показатель в рамках выбранных условий эксперимента.

Литература

1. Зарубина Л.П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. 54 с.
2. Поляков С.В. Каменная кладка из пильных известняков / Поляков С.В., Измайлов Ю.В., Коноводченко В.И., Оруджев Ф.М., Поляков Н.Д. Кишинев, 1973.
3. Щербина С.Н. Влияние капиллярного всасывания влаги и её испарения на влагосодержание стен зданий / Щербина С.Н., Броник О.Н., Стерник Т.Н., Данченко Г.А. *Вісник ОДАБА*. 2008. № 32.
4. Дмитриева Н.В. Анализ инновационных методов восстановления гидроизоляции конструкций из известняка-ракушечника / Дмитриева Н.В., Гострик А.О. *Вісник ОДАБА*. 2015. № 62. С. 111–116.
5. Вознесенский В.А. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Иванов Я.П., Николов И.И. Киев : Будівельник, 1989. 240 с.

References

1. Zarubina L.P. (2011). Hidroizoliatsiia konstruktsii, zdanii and sooruzhenii. St. Petersburg: BKhV- Petersburg. 54 p.
2. Poliakov S.V., Izmailov Yu. V., Konovodchenko V.I., Orudzhev F.M. and Poliakov N.D. (1973). Kamennaia kladka iz pilnykh izvestniakov. Kichyev.
3. Shcherbina S.N., Bronik O.N., Sternik T.N. and Danchenko G.A. (2008). Vliianie kapilliarnogo vsasyvaniia vlagi i ee ispareniiia na vlagosoderzhanie sten zdanii. *Visnyk ODABA*. No. 32.
4. Dmitrieva N.V. and Hostrik A.O. (2015). Analiz innovatsionnykh metodov vosstanovleniia hidroizoliatsii konstruktsii iz izvestniaka-rakushechnika. *Visnyk ODABA*. No. 62. Pp. 111–116.
5. Voznesenskii V.A., Liashenko T.V., Ivanov Ia.P. and Nikolov I.I. (1989). EVM i optimizatsiia kompozitsionnykh materialov. Kyiv: Budivelnik. 240 p.

INCREASING EFFICIENCY OF WATERPROOFING SCREENS WITHIN THE CONCEPT OF CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS

Abstract. *The article discusses the causes of the violation of the waterproofing of the underground parts of buildings which are made of limestone-shell rock. Unfold the problems of preserving historic buildings and structures from limestone-shell rock in Ukraine and Moldova, such as the Odessa Opera and Ballet Theater, the Strats House, the Brodsky Synagogue, the Marazli House, the Belgorod-Dniester and Bender Fortresses, the Tower of the Winds, the Church of St. Kaetan, the Powder Cellar of Tiraspol Fortress, are revealed, Water Mill, Church of the Archangel Michael in with. Stroentsy and many others. The expediency substantiated the conducting studies of the effectiveness of injection technology in the installation of waterproofing screens, depending on the following factors: the depth of injection (X1); borehole diameter (X2); injection steps (X3) with a range of variation of X1 – 14, 16 and 18 cm, X2 – 8, 12 and 16 mm, X3 – 10.15 and 20 cm.*

Based on the methods of the mathematical theory of the experiment, a complex of experimental-statistical models has been constructed, the analysis of which allowed us to estimate the intensity of capillary absorption of the “waterproofing screen – limestone-shell rock” system depending on the depth of injection, the diameter of the injector and the step of its location.

An arrangement of injection holes was proposed and justified to ensure waterproofing of structures, which allows filling the capillary-porous masonry space for 6–12% more than other schemes. The accepted physical model of the distribution of the injectable composition in the porous structure of limestone-shell rock allowed us to analyze the depth, diameter, and injection step, which affect the distribution area of the solution in the structural array. The depth of injection is indeed one of the most important technological characteristics in the construction of an intra-structural waterproofing screen. From a technological point of view, the degree of influence of the injection step on the intensity of capillary moisture transfer is quite high, since it directly affects the amount of active waterproofing composition in the injected thickness, as well as labor costs when performing waterproofing works. The diameter of the borehole does not significantly affect the studied parameter within the selected experimental conditions.

Key words: *limestone-shell rock, injection waterproofing, waterproofing screen, capillary absorption, mathematical modeling.*

Dmytriieva N.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

Trofimova L.E.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

Kyryliuk S.V.

Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

Shamshur A.P.

Lecturer, Head of Laboratory,
Bendery Polytechnic Branch of the Taras Shevchenko Transnistria State University, Moldova

УДК 662.767.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.4>

Карпушин С.О.

к.т.н., доцент,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Дарієнко В.В.

к.т.н., доцент,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Кузик О.В.

к.т.н., доцент,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Пантилієнко В.В.

к.т.н., доцент,

ДВНЗ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м. Дніпро

Карпушин А.С.

студент групи БД-25,

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ АНАЕРОБНОГО БІОРЕАКТОРА З ҐРУНТОЦЕМЕНТУ

Анотація. Анаеробний біореактор для виробництва біогазу і органічного субстрату – це пристрій, що являє собою замкнену ємність, куди подають біологічні відходи, витримують їх без доступу повітря при заданій стабільній температурі (від +25 до +55°C) і перемішують. У результаті метаногенезу отримують біогаз та органічний субстрат, що використовують як добриво в сільському, фермерському господарстві. Вихідною сировиною для роботи біореактора є біологічні відходи.

У статті описано власну конструкцію анаеробного біореактора для виробництва біогазу та органічного субстрату. Основна увага приділена розробці методики проектування анаеробного біореактора з ґрунтоцементу як конструктивного матеріалу. Наведено методику визначення необхідного об'єму біореактора залежно від виду та/або кількості органічних відходів. Виділені та проаналізовані фактори, що впливають на вирішення оптимізаційної задачі, – вибір співвідношення діаметра ферментатора і його висоти. Наведено рекомендації щодо врахування кліматичних навантажень, з урахуванням розташування найближчих метеостанцій та розроблена структурно-логічна схема проектування біореактора.

Розглянута можливість застосування модифікованого ґрунтоцементу ферментним препаратом «Дорзин» у найбільш оптимальній кількості, що дорівнює 0,05%, що має покращити гідратаційні процеси, значно знизити усадку ґрунтоцементу, зменшити тріщиноутворення. Розроблена і представлена технологічна послідовність виконання бурозмішувальних робіт із влаштування суцільної монолітної ґрунтоцементної конструкції ферментатора біореактора. Проаналізовані нетехнологічні моменти влаштування донної частини ферментатора, наведені перспективи подальших досліджень.

Ключові слова: свердловина, технологія, монолітна конструкція, біореактор, бурозмішувальні роботи, ферментатор, біологічні відходи, ґрунт, ґрунтоцемент, цемент, армування, кліматичні параметри, модифікатор.

Постановка проблеми. В умовах постійного здорожчання енергоносіїв та погіршення екологічної ситуації в усьому світі дедалі більше уваги приділяється альтернативним джерелам енергозабезпечення. З огляду на географічне положення України, суттєвий відсоток земель сільськогосподарського призначення та, як наслідок, наявність великих обсягів біологічних відходів (гній корів, свиней, коней, курей, бадилля картопляне, стебла кукурудзи, солома пшенична, буряк, лузга соняшникова, силос, трава свіжа, відходи моркви, тирса деревини, фекальний осад, тверді побутові відходи (ТПВ)) перспективним є застосування сучасних біотехнологій.

Біогазові реактори в Україні не набули значного поширення у зв'язку з їх значною вартістю, примхливістю технології метанового бродіння, значним енергоспоживанням [1–4]. Недоліками відомих конструкцій ферментаторів є їх порівняно висока вартість і нетехнологічність влаштування бетонної конструкції складної криволінійної форми, яка б забезпечувала найкращі умови термоізоляції, перемішування, руйнування поверхневої кірки субстрату, забезпечення максимальної площі для виходу біогазу із субстрату, періодичного виймання твердого осаду та технічного обслуговування. Також суттєвим недоліком є недостатня довговічність ферментатора, зумовлена корозійною нестабільністю.

Аналіз останніх досліджень. Анаеробний біореактор для виробництва біогазу і органічного субстрату це пристрій, що представляє собою замкнену ємність, куди подають біологічні відходи, витримують їх без доступу повітря при заданій стабільній температурі (від +25 до +55°C) і перемішують. У результаті метаногенезу отримують біогаз та екологічно-безпечний органічний субстрат, що випадає як твердий осад, який можна застосовувати як органічне добриво в сільському господарстві. Як матеріал для корпусу біореактора традиційно застосовують бетон, метал, полімери.

Варіантом вирішення проблеми зі зниження вартості біореактора за умов одночасного забезпечення корозійної стійкості ферментатора є застосування як матеріалу дна і стінок – ґрунтоцементу [5].

Передумовами застосування ґрунтоцементу для влаштування корпусу біореактора-ферментатора є [6–8]:

- позитивний досвід використання ґрунтоцементу як матеріалу для будівництва шламових відстійників для токсичних відходів;
- висока водонепроникність W12-14;
- низька вартість виготовлення через використання природного ґрунту з котловану;
- висока міцність на стиск, 2 МПа;
- стійкість до агресивних складників (хімічна стійкість);
- довговічність, термін використання більш ніж 300 років;
- ґрунтоцемент екологічно безпечний;
- морозостійкість у межах М25;
- ґрунтоцемент має здатність до набору міцності з часом.

Мета роботи. 1. Запропонувати нову, енергоощадну та технологічну, з точки зору зручності експлуатації в умовах України, конструкцію анаеробного біореактора шляхом застосування як конструктивного матеріалу – ґрунтоцементу, модифікованого ґрунтоцементу.

2. Розробити структурно-логічну схему проектування корпусу біореактора з ґрунтоцементу.

3. Розробити технологічний процес будівництва ферментатора біореактора з ґрунтоцементу, використавши бурозмішувальну технологію.

Результати досліджень. Пропонована конструкція біореактора [5] належить до технології одержання біогазу шляхом анаеробного розкладу різних біологічних відходів (тваринництва, птахівництва, рослинництва, підприємств харчової промисловості, ТПВ, стічних вод) і може знайти застосування в сільському господарстві, на підприємствах харчової промисловості, міських звалищах ТПВ, станціях очистки стічних вод, підприємствах із виготовлення органічних добрив, наприклад мульчі, субстрату.

Метою пропонованої конструкції біореактора є вдосконалення анаеробного біореактора, ферментатора-газгольдера, в якому шляхом влаштування цільного і монолітного корпусу з ґрунтоцементу підвищується надійність та довговічність роботи біореактора, його герметичність, суттєво знижуються вартість і термін зведення за умов раціонального використання природних ресурсів.

На рис. 1 зображено вид зверху біореакторної установки, що складається із завантажувально-насосного вузла та безпосередньо самого біореактора, де 1 – приймальна ємність

для відходів біологічного походження, 2 – насос, 3 – ємність-дозатор. Ємності 1 і 3 утворені стінками і дном із ґрунтоцементу.

Анаеробний біореактор для виробництва біогазу та органічного субстрату складається з корпусу 4 циліндричної в плані форми (див. рис. 1) із трьома внутрішніми вертикальними перегородками 5, що розташовані одна стосовно іншої під кутом 120° та утворюють три камери для анаеробного бродіння, відповідно 6, 7 і 8. За межами біореактора розташований збірник зброженої маси 9 утворений стінками і дном із ґрунтоцементу. Корпус циліндричної форми 4, три внутрішні перегородки 5 та спільне дно 10 (рис. 2) виконані в «монолітному» варіанті – як одне ціле з ґрунтоцементу. На поверхні внутрішніх перегородок 5 передбачено теплообмінники 11 з полімерної труби з під'єднанням до теплового насосу (на рисунку не показано). У бродильній камері 6 посередництвом траверси 12 встановлено змішувач біомаси, що включає гідродвигун 13, редуктор 14 з вертикально розташованим валом, у нижній частині якого закріплено короткобазовий одновитковий полий шнек 15, а у верхній частині закріплено трапецієвидний каркас із сітками 16 для руйнування поверхневої кірки. У перегородках 5 передбачено отвори для перепускних труб 17.

Накопичення газу та його початкове тимчасове зберігання відбувається в порожнині газгольдера 18, що утворена газовим ковпаком 19, який щільно та герметично встановлено в пази ґрунтоцементних стінок кор-

пусу 4. У верхній частині ковпака 19, який виготовлений із матеріалу темного кольору для додаткового нагрівання біореактора від сонячних променів, встановлено засоби контролю та автоматичного керування 20, а також вивідну газову трубку 21.

У нижній частині біореактора передбачена залізобетонна труба 22 із встановленим у неї, посередництвом підшипникових опор, довгобазовим шнеком 23 для виведення осаду (субстрату). При цьому поверхня дна 10 корпусу 4 біореактора в бродильних камерах 6, 7, 8 і збірнику зброженої маси 9 має внутрішні ухили до отворів із встановленими в них гідрозатворами 24, через які, періодично і у визначеній послідовності, осад (субстрат) потрапляє у внутрішню порожнину труби 22 зі шнеком 23.

Анаеробний біореактор для виробництва біогазу та органічного субстрату призначений для роботи, як безперервно, так і дискретно в будь-яку пору року.

Проектування біореактора. В залежності від вихідних умов (вид та добовий вихід біологічних відходів) розраховують внутрішній об'єм реактора.

Припустімо, господарство має 10 голів крупної рогатої худоби, 20 свиней і 35 курей. За добу вихід екскрементів становитиме 55 кг від 1 КРС, 4,5 кг від 1 свині, 0,17 кг від 1 курки. Маса добових відходів становить:

$$10 \times 55 + 20 \times 4,5 + 0,17 \times 35 = 550 + 90 + 5,95 = 645,95 \text{ кг.}$$

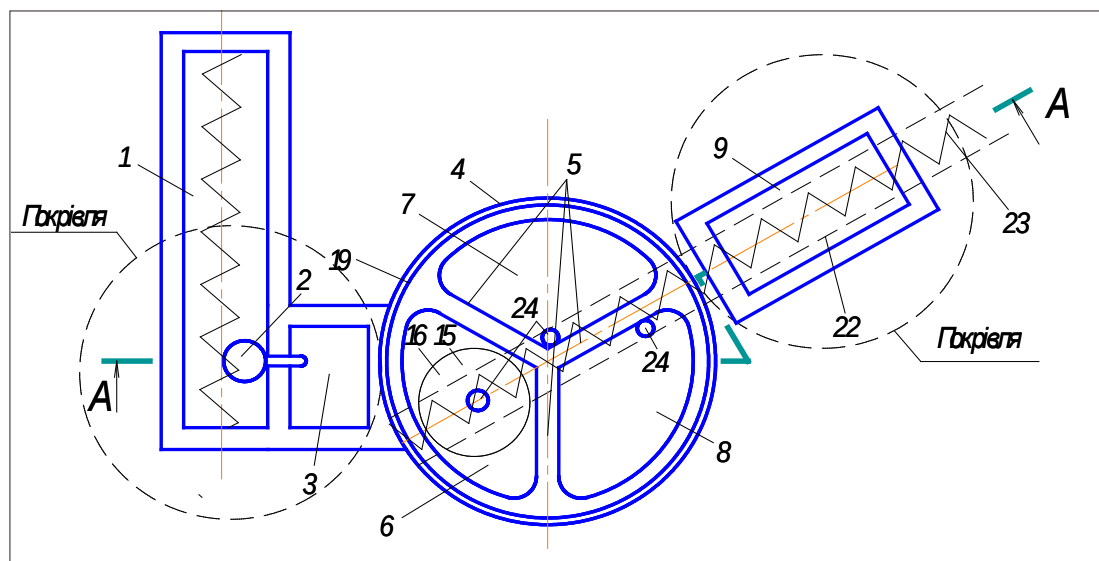


Рис. 1. Біореакторна установка (вид зверху) [5]

Оптимальна вологість сировини для завантаження в біореактор – 85%.

Вологість свіжих екскрементів свиней, корів становить 86%, а курячого посліду – 75%. Щоб довести вологість курячого посліду, до 85% треба додати близько 0,5 л води (близько 0,5 кг). Тоді добове завантаження реактора становить 646 кг.

Добове завантаження реактора приймається не більше 10% від його повного завантаження.

Тоді повне завантаження реактора:

$$= 10 \times 646 \text{ кг} = 6460 \text{ кг}, 6,5 \text{ т.}$$

Для свиногокомплексу для 5300 голів.

Маса добових відходів становитиме:

$$m = 5300 \times 4,5 = 23\,850 \text{ кг.}$$

Повне завантаження реактора:

$$m = 10 \times 23\,850 \text{ кг} = 238\,500 \text{ кг} = 238,5 \text{ т.}$$

За даними [9], об'ємна вага ρ свіжих свинячих екскрементів коливається в межах $\rho = 1013 \dots 1400 \text{ кг/м}^3$.

$$\text{Об'єм реактора: } V = \frac{238500}{1200} = 198,75 \text{ м}^3$$

Результатом попередніх розрахунків є реактор із корисним об'ємом – 200 м³.

Залишаються відкритими питання співвідношення діаметру і глибини закладання в ґрунт майбутньої споруди. Взаємозв'язок між цими параметрами зумовлюється технологічними особливостями виходу біогазу,

умовами його перемішування, кліматичними параметрами – промерзання ґрунту (мінімізації витрат на підтримання необхідної температури для анаеробного процесу), технологічними й економічними параметрами влаштування корпусу біореактора буровим верстатом, геологічними та гідрогеологічними параметрами будівельного майданчика та ін. Це складна оптимізаційна задача.

Варто зауважити, що діаметр дна реактора є більшою частиною умовного фундаменту майбутньої споруди (рис. 3), а прийняте значення зовнішнього діаметру ємності має задовольняти умові $P_{ум} \leq R$ (друга група граничних станів, розрахунок виконується за класичними методиками). Прийняття мінімального значення зовнішнього діаметра корпусу реактора ґрунтується на розрахунках щодо проектування основ і фундаментів [10; 11] і залежить від ґрунтових, гідрогеологічних, кліматичних умов та навантажень від споруди і речовини в ній. Збільшення діаметра ємності позитивно впливатиме на зменшення тиску під спорудою $P_{ум}$, площу виходу газу та величину градієнта тиску рідини $grad p$, але призведе до збільшення зовнішнього периметру, що за наявності пучинистих ґрунтів у верхніх шарах, величини сезонного промерзання і когезивних зв'язків ґрунто-

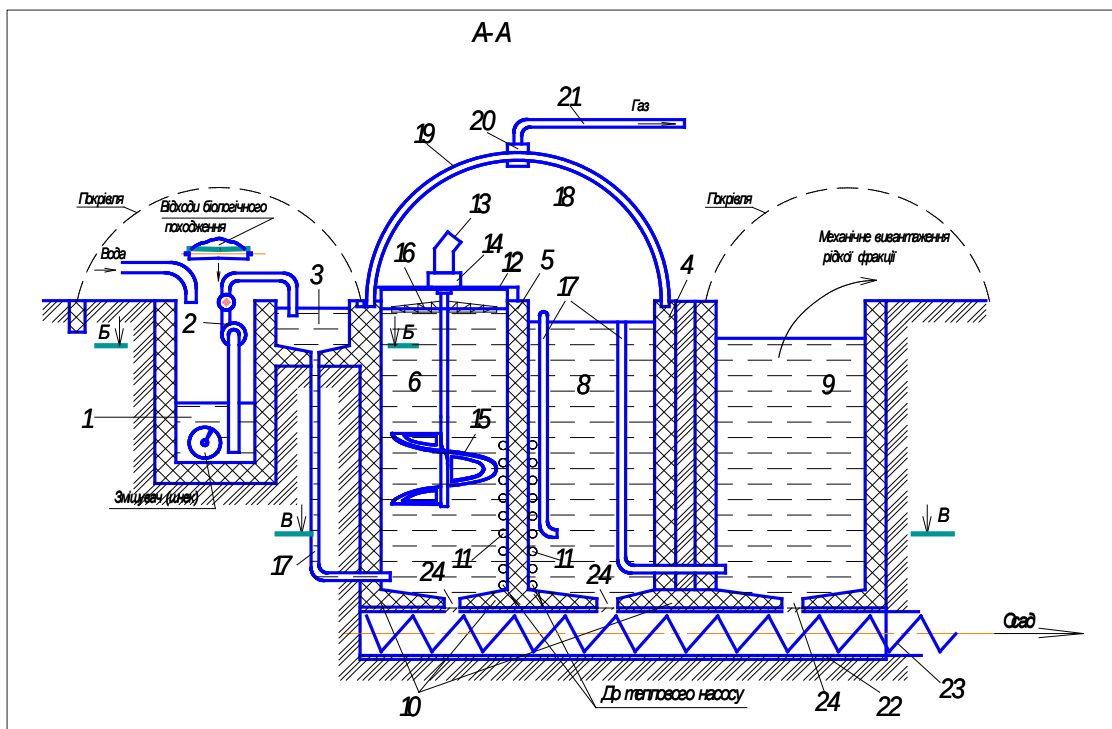


Рис. 2. Розріз А-А біореактора з рис.1 [5]

цементу з навколишнім природним ґрунтом, провокує проблему. Мінімальними наслідками є виникнення додаткових внутрішніх нерівномірних напружень у тілі ґрунтоцементної ємності, що може призвести до втрати цілісності та герметичності. На будівельних майданчиках із пучинистими ґрунтами після влаштування ґрунтоцементної ємності доцільним є створення антифрикційних комір на глибину сезонного промерзання, утеплення верхньої частини периметра, устрій вимощення та водовідведення.

Розміщення ємності реактора нижче рівня денної поверхні, застосування трьох радіально встановлених через 120° внутрішніх перегородок та заповнення внутрішньої порожнини ємності субстратом дають змогу мінімізувати навантаження на стінки та дно. В робочому і довготривалому положенні стінки та дно реактора сприймають пасивні тиски від субстрату $P_{\text{суб}}$ і зовнішнього природного ґрунту непорушеної структури $P_{\text{гр}}$, які в першому наближенні можна прийняти рівними. Товщина дна і стінок визначатиметься величиною коефіцієнта фільтрації, пасивним тиском на стінку в секторах між перегородками, технологічними можливостями бурозмішувального робочого обладнання для забезпечення суцільної та однорідної огорожувальної конструкції з ґрунтоцементу. Приймається значення, яке задовольняє всім умовам.

Головним критерієм при розрахунку товщини дна і стінок ємності реактора є вели-

чина фільтрації води із субстрату, що приймається рівною нулю. За основу може бути прийнята відома формула А. Дарсі: $q = k_{\text{ф}} \frac{\Delta H}{\Delta l} F$, що з урахуванням коефіцієнта проникності для різних речовин k (П.Г. Нуттінг) $k = d_{\text{еф}}^2 Sl(m, \epsilon)$ прийме вигляд: $v = \frac{k}{\mu} \frac{\Delta p}{\Delta l}$ та представлятиме собою рівняння Л.С. Лейбензона:

$$v = \frac{d_{\text{еф}}^2 Sl(m, \epsilon)}{\mu} \frac{\Delta p}{\Delta l},$$

де $d_{\text{еф}}$ – ефективний діаметр частинок (діаметр частинок еквівалентного фіктивного ґрунту, гідравлічний опір якого дорівнює гідравлічному опору реальної породи); $Sl(m, \epsilon)$ – число Сліхтера (безрозмірне) як функція коефіцієнта пористості m і структури порового простору ϵ (під структурою порового простору розуміють форму і розмір окремих пор, їх кількісне співвідношення і сполучуваність); μ – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини.

Встановлення кліматичних параметрів у процесі проектування майбутнього біореактора може бути здійснено за запропонованою методикою [12] визначення кліматичних навантажень у заданій географічній точці за даними локальної мережі метеостанцій (рис. 4).

Рівняння площини, яка відображає зміни кліматичного фактору Z в околі проектної точки, можна записати у вигляді:

$$Z = A + B \cdot X + C \cdot Y,$$

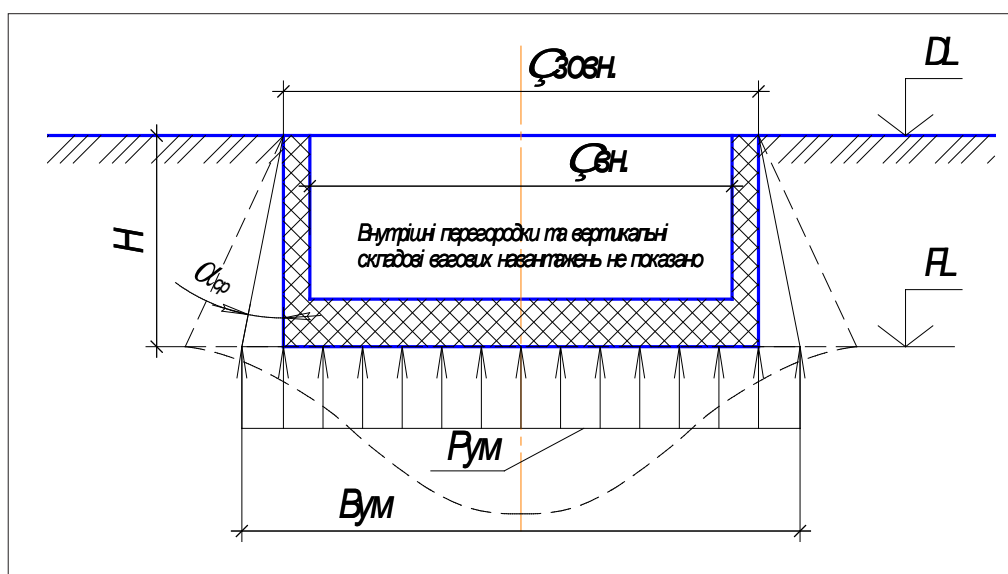


Рис. 3. Схема передачі тиску на ґрунт основи за рахунок опору ґрунту по бокових поверхнях і під дном ферментатора



Рис. 4. Мережа метеостанцій регіону [12]

де X , Y – координати метеостанції чи проектної точки; A , B , C – параметри, визначені за даними мережі метеостанцій.

Параметри A , B , C визначаються методом найменших квадратів за даними усіх метеостанцій з околу проектної точки, що може бути реалізовано в середовищі будь-якого обчислювального комплексу, зокрема Microsoft Excel. Координати метеостанцій та проектної точки X , Y можуть задаватися у вигляді прямокутних координат у кілометрах стосовно умовно обраного центра, або значеннями довготи й широти місцевості в градусах, опублікованими в метеорологічних довідниках, визначеними за допомогою Google Maps чи інших картографічних систем.

Геологічні параметри будівельного майданчика. В ідеалі, ґрунт для влаштування дна і стінок ґрунтоцементної ємності повинен мати мінімум 25–30% когезивних колоїдних частинок (що проходять крізь сито з розміром осередків 0,07 мм) і містити мінімум великих таких гранульованих часток, як гравій. Тобто це має бути глинистий або пилуватий ґрунт: глина, або суглинок. Модифікація ґрунтоцементу введенням ферментного препарату «Дорзин» [13] в найбільш оптимальній кількості, що дорівнює 0,05%, покращує гідратаційні процеси, значно знижує усадку ґрунтоцементу, зменшує тріщиноутворення, підвищує морозостійкість. Відомий позитивний досвід використання ферментного модифікатора для глинистих ґрунтів «Дорзин» у дорожньому будівництві.

Ферментний препарат «Дорзин» є композицією речовин, що в основному утворили-

ся в процесі культивування мікроорганізмів (дріжджів роду *Saccharomyces*) на комплексному живильному середовищі з деякими добавками. Основою живильного середовища є бурякова меласа.

Розроблена та представлена на рис. 5 структурно-логічна блок-схема проектування біореактора з ґрунтоцементу.

Виконання бурозмішувальних робіт може бути здійснено буровим верстатом БМ-811м на базі автомобіля УРАЛ [14]. Циліндрична в плані споруда є нетехнологічною з точки зору зручності, точності позиціонування бурозмішувального робочого органу та переміщення бурового верстату. Виходом із положення може бути прийнята лінійна схема зворотно-поступального руху бурового верстату, що представлена на рис. 6. При цьому треба влаштувати 682 свердловини глибиною 4,0 м, діаметром 0,5 м із відстанню між сусідніми свердловинами 0,4 м. Основними лініями показані свердловини, де ін'єктування цементу відбувається по всій глибині свердловини, допоміжними – на величину товщини днища реактора в 0,9 м. Роботи з армування ґрунту виконуються в три зміни протягом 10 днів. Середня тривалість влаштування однієї свердловини – близько 25 хв. Як нормативне джерело застосовано документ РФ «Свод правил СП 291.1325800.2017 Конструкции ґрунтоцементные армированные, правила проектирования» [15]. Витрата цементу коливається в межах 500–700 кг/м³ та залежить від типу та гранулометричного складу ґрунту. Набір міцності ґрунтоцементу до проектного значення триває 28 діб, після чого екскаватором з обладнанням «зворотня лопата» або грейферним обладнанням виконують виймання ґрунту з трьох камер та виконують ручну підчистку. Загальна тривалість робіт – 40 днів.

Суттєвим недоліком запропонованої технології влаштування монолітної ґрунтоцементної скляно-подібної конструкції ферментатора є висока трудомісткість та, відповідно, тривалість і вартість бурозмішувальних робіт. Нераціональним є влаштування дна цієї конструкції. Це 380 свердловин для влаштування дна, що становить близько 54–56% від їх загальної необхідної кількості. За таких відсоткових показників варто розглянути та виконати техніко-економічні розрахунки щодо доцільності застосування технології jet-grouting (jet-3), або комбінації способів

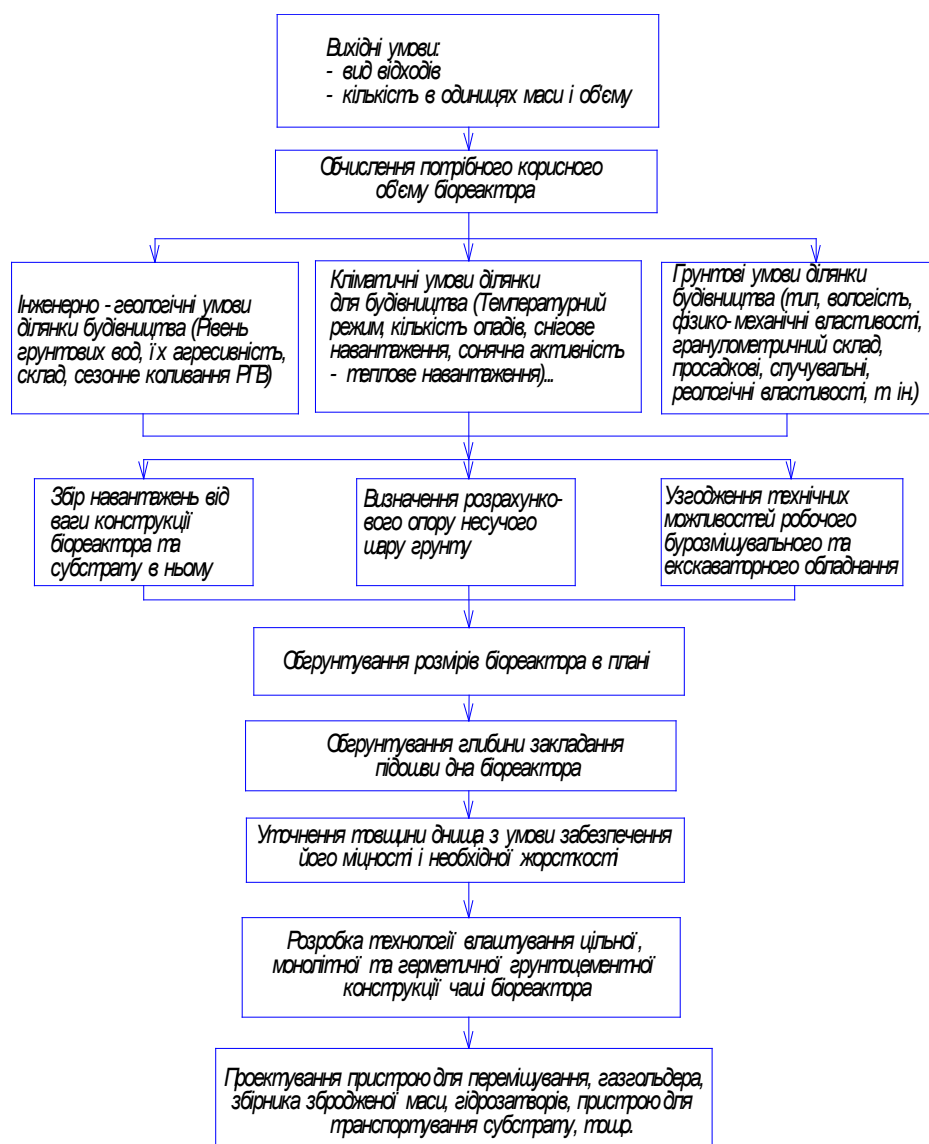


Рис. 5. Структурно-логічна блок-схема проектування біореактора з ґрунтоцементу

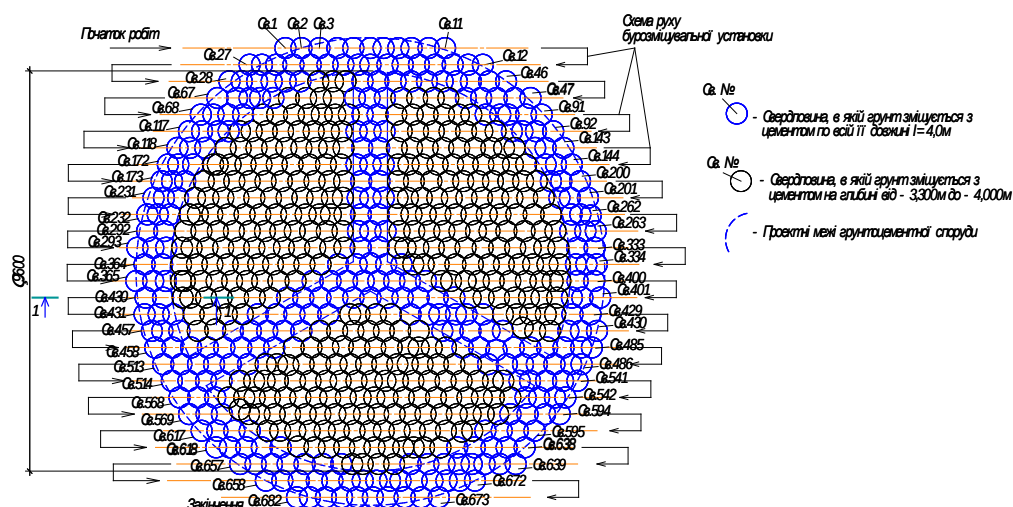


Рис. 6. Технологічна послідовність виконання бурозмішувальних робіт

і технології. Комбінація способів полягатиме у влаштуванні стінок та перегородок майбутнього ферментатора за бурозмішувальною технологією – це 302 свердловини, з паралельним влаштуванням шпунтової огорожі периметру внутрішніх камер, позахватковою виїмкою з них ґрунту до проектної позначки грейферним обладнанням, приготуванням ґрунтоцементної суміші для дна в ґрунтозмішувачах і вкладання її з одночасною виїмкою шпунтової огорожі. Роботи з виїмки ґрунту з майбутніх бродильних камер та влаштування дна мають бути виконані в якомога коротші терміни для утворення суцільної монолітної конструкції.

Висновки. 1. Запропонована та логічно обґрунтована доцільність застосування ґрунтоцементу для влаштування ферментатора анаеробного біореактора з виробництва біогазу й органічного субстрату.

2. Представлена нова, енергоефективна і компактна конструкція анаеробного біореактора, що поєднує в собі такі ефекти: максимальна площа поверхні для виходу газу; забезпечення умов для механічного перемішування (раціональна форма камер бродіння без глухих кутів); мінімальні енергозатрати на підігрів (мінімальна довжина зовнішньо-

го периметра), можливість централізованого виводу осаду з усіх камер бродіння.

3. Застосування запропонованої конструкції біореактора дасть змогу вирішити низку істотних проблем: раціональне використання природних, у тому числі відновлюваних джерел енергії; екологічна утилізація продуктів життєдіяльності; раціональне використання природних ресурсів для будівництва; отримання екологічно чистих добрив для агрокомплексу.

4. Розроблена структурно-логічна блок-схема проектування біореактора із ґрунтоцементу. Вихідними даними є вид біологічних відходів та добова кількість відходів в одиницях маси і об'єму.

5. Розроблена методика проектування біореактора для умов конкретного підприємства в цих інженерно-геологічних і кліматичних умовах.

6. Розроблено рекомендації щодо технологічної послідовності влаштування ферментатора з ґрунтоцементних циліндричних елементів за бурозмішувальною технологією.

7. Перспективним є встановлення доцільності застосування ґрунтоцементу для влаштування стінок та дна штучних водойм та як окремих фундаментів для сонячних батарей.

Література

1. Державне агенство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <http://sae.gov.ua/uk/bioenergy>.
2. Ратушняк Г.С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання : Навчальний посібник / Джеджула В.В., Анохіна К.В. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2010. 170 с. URL: ratushnyak.vk.vntu.edu.ua/file/Books/f410c4ae983b7bccaf34971045a58dc8.pdf
3. Біогазові установки. Практичний посібник / Б. Едер, Х. Шульц. 2008.
4. Компактні біогазові установки контейнерного виконання, виробництва Польщі, 2016. URL: http://atagos.com.ua/produkt/kompaktnye_biogazovye_ustanovki_v_kontejnernom_ispolnenii_proizvodstvo_polsha/
5. Пат. 124712 Україна, МПК C02F11/04, C02F3/28. Анаеробний біореактор для виробництва біогазу та органічного субстрату / С.О. Карпушин, В.В. Клименко, А.В. Шиндер; заявник і патентовласник – Центральноукраїнський національний технічний університет. – u201709143 заявл. 15.09.2017, опубл. 25.04.2018. Бюл. № 8.
6. Пат. 71256 Україна, МПК E02B 17/02 (2006.01) E02D 5/22(2006.01). Шламний амбар для токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин / М.Л. Зоценко, К.А. Тимофєєва; заявник і патентовласник – Полтавський нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – u201114845 заявл. 14.12.2011, опубл. 10.07.2012. Бюл. № 13.
7. Вагидов М.М. ґрунтоцементные основания и фундаменты / М.М. Вагидов, Н.Л. Зоценко. Вестник Дагестанского государственного технического университета : сборник научн. трудов. Технические науки. Махачкала : ДГТУ, 2012. Вып. 26. С. 94–102.
8. Винников Ю.Л. Будівельні властивості ґрунтоцементу за наявності у його складі органічних речовин / Ю.Л. Винников, О.І. Ярмолюк. Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2010. Вып. 56. С. 97–103.
9. Свойства компонентов навоза. URL: <http://myzooplanet.ru/agrohimiya-agropochvovedenie-knigi/svoystva-komponentov-navoza-13927.html>
10. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування: Основи та фундаменти будинків та споруд ДБН В.2.1-10-2009 [Чинні від 01.07.2009]. Київ : Мінрегіонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2009. 79 с. (Державні будівельні норми).

11. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування Зміни 1. Пальові фундаменти: ДБН В.2.1-10-2009 [Чинні від 01.07.2011]. Київ : Мінрегіонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. 55 с. (Державні будівельні норми).
12. Пашинський В.А. Методика визначення кліматичних навантажень в заданій географічній точці / В.А. Пашинський, С.О. Карпушин, М.В. Пашинський. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2018. Вип. 71. С. 68–72.
13. Дмитриева Т.В. Стабилизированные глинистые грунты КМА для дорожного строительства : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 «Строительные материалы и изделия». Белгород, 2011. 19 с.
14. Зощенко М.Л. Досвід вирішення геотехнічних проблем при реконструкції будівель і споруд / М.Л. Зощенко, Ю.Л. Винников, П.М. Омельченко, О.В. Суходуб. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2016. Вип. 61. С. 123–129.
15. Конструкции грунтоцементные армированные, правила проектирования. Свод правил СП 291.1325800.2017. [Дата введения 16-11-2017] «Стандартинформ» Москва, Минстрой России, 2017. 41 с. (Росстандарт).

References

1. Derzhavne ahenstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia Ukrainy. URL: <http://saee.gov.ua/uk/bioenergy>.
2. Ratushniak H.S. Enerhozberihaiuchi vidnovliuvalni dzherela teplopostachannia: Navchalnyi posibnyk / Dzhdzhula V.V., Anokhina K.V. Vinnytsia Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, 2010. 170 s. URL: ratushnyak.vk.vntu.edu.ua/file/Books/f410c4ae983b7bccaf34971045a58dc8.pdf
3. Biohazovi ustanovky. Praktychnyi posibnyk / B. Eder, Kh. Shults, 2008.
4. Kompaktni biohazovi ustanovky konteinerneho vykonannya, vyrobnytstva Polshchi, 2016. URL: http://atagos.com.ua/produkt/kompaktnye_biogazovye_ustanovki_v_kontejnernom_ispolnenii_proizvodstvo_polsha/
5. Pat. 124712 Ukraina. МРК S02F11/04, S02F3/28. Anaerobnyi bioreaktor dlia vyrobnytstva biohazu ta orhanichnoho substratu / S.O. Karpushyn, V.V. Klymenko, A.V. Shynder; zaiavnyk i patentovlasnyk – Tsentralnoukrainskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet. – u201709143 zaiavl. 15.09.2017, opubl. 25.04.2018, Biul. № 8.
6. Pat. 71256 Ukraina, МРК E02B 17/02 (2006.01) E02D 5/22(2006.01). Shlamovyi ambar dlia toksychnykh vidkhodiv burinnia ta ekspluatatsii naftohazovykh sverdlovyn / M.L. Zotsenko, K.A. Tymofieieva; zaiavnyk i patentovlasnyk – Poltavskyi nats. tekhn. un-t im. Yurii Kondratiuka. – u201114845 zaiavl. 14.12.2011, opubl. 10.07.2012, Biul. № 13.
7. Vagidov M.M. Gruntocementnye osnovaniya i fundamenti / M.M. Vagidov, N.L. Zocenko. Vestnik Dagestans'kogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta: sb. nauchn. trudov. Tekhnicheskije nauki. Makhachkala : DGTU, 2012. Vip. 26. S. 94–102.
8. Vynnykov Yu.L. Budivelni vlastyvoli hruntotsementu za naiavnosti u yoho skladi orhanichnykh rehovyn / Yu.L. Vynnykov, O.I. Yarmoliuk. Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie. Seriya: Innovacionnye tekhnologii zhiznennogo cikla ob'ektov zhilishchno-grazhdanskogo, promyshlennogo i transportnogo naznacheniya. 2010. Vyp. 56. S. 97–103.
9. Svoystva komponentov navoza. URL: <http://myzooplanet.ru/agrohimiya-agropochvovedenie-knigi/svoystva-komponentov-navoza-13927.html>
10. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia: Osnovy ta fundamenti budynkiv ta sporud DBN V.2.1-10-2009 [Chynni vid 01.07.2009]. K.: Minrehionbud Ukrainy, Derzhavne pidpriemstvo „Ukrarkhbudininform“, 2009. 79 s. (Derzhavni budivelni normy).
11. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia Zminy 1. Palovi fundamenti: DBN V.2.1-10-2009 [Chynni vid 01.07.2011]. K.: Minrehionbud Ukrainy, Derzhavne pidpriemstvo „Ukrarkhbudininform“, 2011. 55 s. (Derzhavni budivelni normy).
12. Pashynskiy V.A. Metodika vyznachennia klimatichnykh navantazhen v zadani heohrafichnii tochtsi / V.A. Pashynskiy, S.O. Karpushyn, M.V. Pashynskiy. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. 2018. Vyp. 71. S. 68–72.
13. Dmitrieva T.V. Stabilizirovannye glinistye grunty KMA dlia dorozhnogo stroitel'stva : avtoref. diss. na soiskanie uchynoi stepeni kand-ta tekhn. Nauk : 05.23.05 – Stroitel'nye materialy i izdeliya. Belgorod, 2011. 19 s.
14. Zotsenko M.L. Dosvid vyrishennia heotekhnichnykh problem pry rekonstruktsii budiveli i sporud / M.L. Zotsenko, Yu.L. Vynnykov, P.M. Omelchenko, O.V. Sukhodub. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. 2016. Vyp. 61. S. 123–129.
15. Konstrukcii gruntocementnye armirovannye, pravila proektirovaniya. Svod pravil SP 291.1325800.2017. [Data vvedeniya 16-11-2017] «Standartinform» Moskva. Minstroy Rossii, 2017. 41 s. (Rosstandart).

METHOD OF DESIGN OF ANAEROBIC BIOREACTOR FROM SOIL CEMENT

Abstract. *Anaerobic bioreactor for the production of biogas and organic substrate is a device that is a closed container, in which biological waste is served, maintained it without air access at a given stable temperature (from +25 to + 55 °C) and mixed.*

As a result of methanogenesis, biogas and an organic substrate are produced and used as fertilizer in agriculture. The raw material for the operation of the bioreactor is biological waste.

The article describes own design of anaerobic bioreactor for biogas and organic substrate production. The main attention is paid to the development of method of designing anaerobic bioreactor by using soil cement as a structural material. The procedure for determining the required volume of bioreactor, depending on the type and amount of organic waste, is given. The factors that influence the solution of the optimization problem such as the choice of the ratio of the diameter of the fermenter and its height are selected and analyzed. The recommendations on taking into account climatic loads are given, taking into account the location of the nearest weather stations, and a structural and logical scheme of bioreactor design is developed.

The possibility of using modified soil cement by the enzyme drug "Dorzyn" in the most optimal amount equal to 0.05% is considered, which should improve the hydration processes, significantly reduce the shrinkage of soil cement, reduce cracks.

The technological sequence of drilling and mixing works on the arrangement of solid monolithic soil cement structure of the bioreactor fermenter has been developed and presented. The non-technological moments of arrangement of the bottom part of the fermenter have been analyzed and the prospects for further researches are presented.

Key words: *borehole, technology, monolithic construction, bioreactor, drilling and mixing operations, fermenter, biological waste, soil, soil cement, cement, reinforcement, climatic parameters, modifier.*

Karpushyn S.O.

Candidate Science (Tech.), Associate Professor,
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Darienko V.V.

Candidate Science (Tech.), Associate Professor,
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Kuzyk O.V.

Candidate Science (Tech.), Associate Professor,
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Panteleienko V.I.

Candidate Science (Tech.), Associate Professor,
State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Dnipro

Karpushyn A.S.

Student of the Group BD-25,
Lviv Polytechnic National University, Lviv

Мостовенко А.В.докторант кафедри начертательной геометрии и инженерной графики,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ ИЗВЕСТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ПОТЕНЦИАЛОВ ОТДЕЛЬНЫХ ЕГО ТОЧЕК

Анотація. На стадії архітектурного проектування будівель, споруд, а також просторів всередині та зовні об'єктів, що проектуються, однією з важливих задач є задача енергозбереження. З геометричної точки зору прикладами таких задач можуть бути моделювання фізичного поля від джерел енергії різного виду, визначення потенціалу енергії в конкретній заданій точці фізичного поля при заданих джерелах енергії і т. д. Особливу цікавість для практики становить низка зворотних задач, в яких, наприклад, за заданими параметрами окремих точок фізичного поля визначаються параметри джерел енергії.

У цій статті запропоновано геометричний апарат, що дає змогу за відомими експериментально отриманими значеннями окремих точок фізичного поля, яке утворено в тривимірному просторі одним точковим джерелом енергії, визначати потенціал довільної точки цього поля, а також потужність точкового джерела енергії, параметри положення якого задані.

Ключові слова: геометричне моделювання, фізичне поле, потенціал енергії, точкове джерело енергії, відстань, функція, точка, гіпербола, парабола.

Постановка проблемы. На стадии архитектурного проектирования зданий, сооружений, а также пространств внутри и снаружи проектируемых объектов одной из важных задач является задача энергосбережения. С геометрической точки зрения примерами таких задач могут быть моделирование физического поля от источников энергии разного вида; определение потенциала энергии в конкретной заданной точке физического поля при заданных источниках энергии и т. д. Особый интерес для практики представляет ряд обратных задач, в которых, например, по заданным параметрам отдельных точек физического поля определяются параметры источников энергии.

Анализ последних исследований. Авторами работ [3; 4] решались подобные задачи определения потенциалов точек методами непрерывной или дискретной интерполяции. Но авторами этих работ не учитывалось влияние расстояний от точек физического поля до источников энергии на потенциал поля. В работе [5] авторами предложен метод определения потенциала энергии в виде количества тепла от источника, напоминающего факел, который представлен в виде эллипсоида вращения.

Цель статьи – создание геометрического аппарата, позволяющего по известным экспериментально полученным значениям отдельных точек физического поля, которое образовано в трехмерном пространстве одним точечным источником энергии, определять потенциал произвольной точки этого поля, а также мощность точечного источника энергии, параметры положения которого заданы.

Результаты исследований. Пусть в трехмерном пространстве заданы экспериментально полученные значения потенциалов $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$ точек физического поля, которые находятся на расстояниях $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ от точечного источника энергии соответственно. Необходимо определить мощность точечного источника энергии, который имеет ограниченную зону действия, и вывести зависимость, позволяющую определять потенциал произвольной точки этого поля.

На потенциал произвольной точки пространственного физического поля, образованного точечным источником энергии, влияет расстояние от этой точки до заданного источника энергии. С увеличением указанного расстояния потенциал в точке поля уменьшается, а с уменьшением его – увеличивается.

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 2a_1 + 4a_2; \\
 y_2 &= 5a_1 + 25a_2; \\
 y_3 &= 7a_1 + 49a_2; \\
 7.5 &= U^*(1 - 2a_1 - 4a_2); \\
 5 &= U^*(1 - 5a_1 - 25a_2); \\
 2.5 &= U^*(1 - 7a_1 - 49a_2).
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Результатом решения системы (6) являются ординаты точек, через которые проходит парабола (3): $y_1=0.1$; $y_2=0.4$; $y_3=0.7$; параметры $a_1=0.03$; $a_2=0.01$ и мощность точечного источника энергии $U^*=8.3333$.

Парабола (3) имеет вид:

$$y = 0.03l + 0.01l^2. \tag{7}$$

Откуда можно определить величину $l_{\max}$ при $y=1$:

$$l_{\max} = 8.612$$

и величину параметра $1 \geq t \geq 0$ в пределах $8.612 \geq l \geq 0$ для любой точки физического поля.

Изоповерхностями этого поля являются концентрические сферы с центром, совпадающим с точечным источником энергии. В сферической системе координат с центром, совпадающим с точечным источником энер-

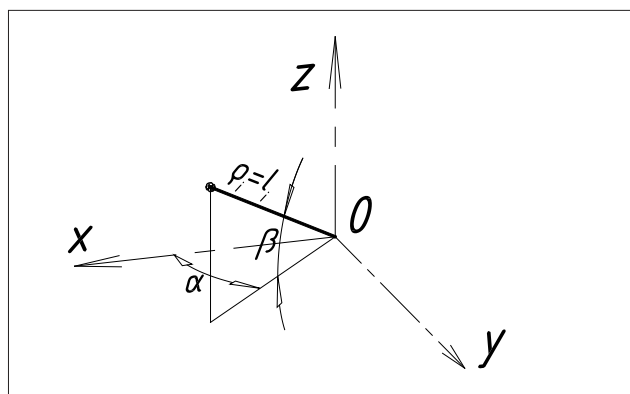


Рис. 2

гии (рис. 2), для каждого из трех заданных расстояний l_i , заданным является только радиус-вектор $\rho = l_i$. Остальные параметры α и β остаются свободными и могут принимать различные значения.

Выводы. В данной статье создан геометрический аппарат, позволяющий по известным экспериментально полученным значениям отдельных точек физического поля, которое образовано в трехмерном пространстве одним точечным источником энергии, определять потенциал произвольной точки этого поля, а также мощность точечного источника энергии, параметры положения которого заданы.

Литература

1. Мостовенко О.В. Порівняльний аналіз графіків потенціалів енергії при різних функціях від відстані. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування* : Наук.-техн. Збірник. Київ, КНУБА, 2019. Вип. 53. С. 297–304.
2. Элементарный учебник физики. Учебное пособие. В 3-х т. / Под ред. Г.С. Лансберга. Т. III. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. 10-е изд., перераб. Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. 656 с.
3. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоєфективних будинків : дис. ...д. техн. Наук : 05.01.01. Київ : КНУБА, 2008. 425 с.
4. Скочко В.І. Спеціальні геометричні моделі процесів, що розвиваються в суцільному середовищі : дис. ... к. техн. Наук : 05.01.01. Київ : КНУБА, 2012. 269 с.
5. Попов В.М., Куценко Л.М., Семенова-Куліш В.В. Метод оцінки теплового потоку, що випромінюється еліпсоїдом як факелом полум'я. Харків : ХІПБ МВС України, 2000. 144 с.
6. Мостовенко А.В. Обобщение схем для определения параметра учета влияния расстояния от точки физического поля до точечного источника энергии. *Прикладна геометрія та інженерна графіка* : Міжвідомчий наук.-техн. збірник. Київ : КНУБА, 2020. Вип. 98.

References

1. Elementarnyi uchebnyk fizyky. Uchebnoe posobyе. V 3-kh t. / Pod red. H.S. Lansberha. T. III. Kolebanyia y volny. Optyka. Atomnaia y yadernaia fizyka. 10-e yzd., pererab. M.: Nauka. Hlavnaiia redaktsyia fizyko-matematycheskoi lyteratury, 1986. 656 s. (in Russian)
2. Serheichuk O.V. Heometrychne modeliuвання fizychnykh protsesiv pry optymizatsii formy enerhoefektyvnykh budynkiv : Dys. ...d. tekhn. Nauk : 05.01.01. K.: KNUBA, 2008. 425 s. (in Ukrainian)
3. Skochko V.I. Spetsialni heometrychni modeli protsesiv, shcho rozvyvaiutsia v sutsilnomu seredovyshchi : dys. ... k. tekhn. Nauk : 05.01.01. K.: KNUBA, 2012. 269 s. (in Ukrainian)

4. Popov V.M., Kutsenko L.M., Semenova-Kulish V.V. Metod otsinky teplovoho potoku, shcho vyprominiuietsia elipsoidom yak fakelom polumia. Kharkiv : KhIPB MVS Ukrainy, 2000. 144 s. (in Ukrainian)
5. Mostovenko A.V. Obobshchenye skhem dlia opredeleniya parametra ucheta vliyaniya rasstoianiya ot tochky fizycheskoho polia do tochechnoho ystochnyka ynerhyy. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*: Mizhvidomchyi nauk.-tekhn. zbirnyk. K., KNUBA, 2020. Vyp. 98. (in Russian)
6. Mostovenko O.V. Porivnialnyi analiz hrafikiv potentsialiv enerhii pry riznykh funktsiiakh vid vidstani. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia* : Nauk.-tekhn. zbirnyk. K., KNUBA, 2019. Vyp. 53. S. 297–304. (in Ukrainian).

DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF AN ARBITRARY POINT OF PHYSICAL FIELD AT KNOWN VALUES OF POTENTIALS OF INDIVIDUAL POINTS OF PHYSICAL FIELD

Abstract. *At the stage of architectural design of buildings, structures, as well as spaces inside and outside the designed objects, one of the important tasks is the task of energy conservation. From a geometric point of view, examples of such tasks can be: modeling a physical field from various types of energy sources; determination of the energy potential at a specific given point of a physical field for given energy sources, etc. Of particular interest for practice is a number of inverse problems in which, for example, the parameters of energy sources are determined from the given parameters of individual points of the physical field.*

The potential of an arbitrary point of a physical field formed in three-dimensional space is affected by the distance of this point from the energy source. This effect decreases with increasing distance from the field point to the energy source and increases with decreasing the specified distance. Formally, this influence is described by some parameter t [1].

Also, a special influence on the propagation of a physical field in three-dimensional space, and therefore on the potentials of its points, has the form of radiated energy and the medium in which this field arises. It should be noted that the energy sources that create the physical field can be point, extended (linear) [2], as well as in the form of surfaces (planes).

This article proposes a geometric apparatus that allows one to determine the potential of an arbitrary point of this field, as well as the power of a point source of energy, the position parameters of which are set from known experimentally obtained values of individual points of a physical field that is formed in three-dimensional space by a single point source of energy.

Key words: *geometric modeling, physical field, energy potential, point source of energy, distance, function, point, hyperbola, parabola.*

Mostovenko O.V.

Doctoral Candidate at the Department of Descriptive Geometry and Engineering Drawing,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

УДК 693; 691

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.6>

Новомлинець О.О.

д.т.н., доцент, професор кафедри технологій зварювання та будівництва,
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

Олексієнко С.В.

к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва,
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

Ющенко С.М.

к.т.н., доцент кафедри технологій зварювання та будівництва,
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

Нагорна І.В.

асистент кафедри технологій зварювання та будівництва,
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ

Анотація. Екологічно чисте будівництво з'явилося порівняно недавно, однак за останні 15–20 років воно динамічно розвивається та набуває дедалі більшої популярності у всьому світі. Причиною цього стало те, що нові технології та промислова діяльність людини призвела до суттєвого погіршення екологічного стану всієї планети. Постійне забруднення повітря шкідливими викидами, використання небезпечних матеріалів, нераціональне використання енерго-ресурсів або користування неякісними джерелами енергоресурсів – все це фактори, що мають накопичувальну здатність негативно впливати на навколишнє середовище і життя людей.

В Україні екологічний стан знаходиться в незадовільному стані. При цьому будівництво і житлово-комунальне господарство є найбільш енергоємним сектором національної економіки. Тому екологічно-чисте будівництво є важливим фактором розвитку інфраструктури. Процес екологічно-чистого будівництва на кожному етапі зведення будівлі чи споруди має бути обґрунтованим, доцільним, використовувати екологічні матеріали та відповідати цільовому призначенню будівлі або споруди. Тому технологічні рішення, що забезпечують екологічність будівництва, є вкрай важливими та актуальними.

У процесі вибору екологічних та енергетично вигідних конструкцій та матеріалів особливу увагу необхідно звертати на теплоізоляцію зовнішньої оболонки будівлі, герметичність вікон та дверей, використання сонячної енергії, дотримання належної якості внутрішнього повітря і середовища в приміщеннях, збереження тепла у масивних конструктивних частинах будівлі, використання будівельних матеріалів, виготовлення, експлуатація та утилізація яких не спричиняє шкоди навколишньому середовищу.

Метою роботи є огляд наявних технологій екологічного будівництва, аналіз факторів, що впливають на його ефективність, та визначення перспективних напрямів розвитку екологічного будівництва в Україні.

У результаті роботи розглянуто види вітчизняних екологічних технологій будівництва та приклади сучасних українських екологічних будинків. Визначено деякі перспективи розвитку екологічного будівництва в Україні.

Ключові слова: технологія, навколишнє середовище, екологічне будівництво, екологічні матеріали, енергоефективність.

Постановка проблеми. Сучасна світова екологічна ситуація змушує людство де-

далі більше замислюватися про збереження здоров'я та забезпечення екологічних умов

життя. Внаслідок швидких темпів технічного прогресу удосконалюються виробничі процеси, модернізується техніка, стрімко розвиваються нові технології в найрізноманітніших галузях, у тому числі в будівництві.

У результаті суттєво підвищується забруднення навколишнього середовища та збільшується ризик виникнення екологічних проблем. Тобто, до наявного впливу шкідливих та небезпечних факторів природного походження додаються численні фактори, пов'язані з діяльністю людини. Крім того, внаслідок використання штучних будівельних матеріалів, виробництво яких пов'язане зі шкідливими викидами як в атмосферу, так і безпосередньо в будівлі, показники індикаторів забруднення всередині приміщень можуть бути в кілька разів вище, ніж зовні.

У зв'язку з цим актуальності набуває екологічно чисте будівництво (екобудівництво, «зелене» будівництво), тобто будівництво із застосуванням екологічних матеріалів, зі зниженим рівнем споживання енергетичних та матеріально-технічних ресурсів та завданням мінімального впливу на природне середовище та здоров'я людини.

Аналіз останніх досліджень. Питання екологічно чистого будівництва розглядається в роботах таких вітчизняних науковців, як Л.Г. Мельник, Б.В. Буркінський, О.В. Прокопенко, О.В. Садченко, П.В. Тархова, Г.О. Білявський, М.М. Биченок, А.В. Гриценко та інших. Проте проблема формування екологічно спрямованої діяльності в галузі будівництва залишається мало висвітленою у літературі [1–3].

В Україні як на державному рівні, так і на рівні пересічних громадян не вистачає організованості та чіткої спрямованості в цьому питанні. Основні державні нормативні документи, що стосуються цієї галузі, системного бачення щодо напрямів економічного будівництва не надають [1–4]. Ще одним стримуючим фактором для забудовників є те, що вартість екологічного будівництва на 30% більше, ніж вартість традиційного будівництва. Тому нині напрям екобудівництва знаходиться на початковій стадії розвитку, і його масштаби в рамках держави є незначними [3; 4].

Мета роботи – провести огляд сучасних технологій екологічно чистого будівництва України, проаналізувати необхідні вимоги до них та позначити перспективні напрями їх розвитку.

Результати досліджень. Ефективність екологічно чистого будівництва залежить від якісного підходу до технології на всіх етапах будівельного процесу, починаючи від вибору і підготовки території та закінчуючи зовнішнім оформленням.

Вибір екологічно чистого місця. Місце під будівництво екобудинку має задовольняти таким вимогам: віддаленість від промислових підприємств, залізниць, магістралей, аеропортів та інших об'єктів, які можуть спричинити забруднення повітря, шуми та вібрації; відсутність у найближчій місцевості високовольтних ліній електропередач як джерела електромагнітних хвиль; достатня освітлюваність території сонцем; показники чистоти води, повітря і ґрунту мають знаходитися в допустимих нормах; площа земельної ділянки має відповідати розмірам майбутнього будинку разом із господарськими будівлями; бажаним є близьке розташування зелених масивів та водойм.

Вибір матеріалу для фундаменту. Від фундаменту як відправної точки при зведенні будівлі залежить, перш за все, надійність та довговічність всієї будівлі. Екологічних матеріалів для фундаментів на будівельному ринку є небагато. Ідеальним поєднанням ціни та якості є пальово-ростверковий фундамент, що виготовляється з арматури, піску, руберойду та екструдованого пінополістиролу. Перевагою такого фундаменту є те, що його можна влаштовувати на ґрунтах будь-якого типу. Для більш важких будинків краще використовувати монолітну плиту. Доволі новим видом фундаменту є незнімна опалубка, яка виконує функцію як безпосередньо опалубки, так і теплоізолятора. Цей вид фундаменту не піддається впливу води, не вимагає теплоізоляції, характеризується довговічністю, але є досить дорогим.

Найбільш екологічні матеріали для будівництва стін. У той час як для фундаментів вибір матеріалів досить обмежений, для стін на будівельному ринку пропонується широкий асортимент. У процесі проведення екологічно чистого будівництва матеріали варто розглядати, перш за все, за їх екологічною чистотою, беручи до уваги їх функціональні характеристики.

З екологічних матеріалів на першому місці традиційно знаходиться деревина. Найбільш комфортними матеріалами для дерев'яних стін за санітарно-гігієнічними вимогами

є хвойні породи дерев. Однак у процесі їх використання варто враховувати такі недоліки деревини, як недовговічність, низька пожежобезпечність, схильність до появи шкідників та піддавання впливу вологи.

Друге місце серед екоматеріалів займають пористі бетони, зокрема газобетон. Для його виробництва використовують вапно, воду, цемент та кварцовий пісок. Це теплий, легкий і порівняно недорогий матеріал.

До матеріалів натурального походження належить також керамоблок. Виготовляють його, як і звичайну цеглу, з глини, однак наявність пор всередині керамоблока забезпечує вищий опір теплопередачі.

Останнім часом для будівництва стін активно використовують соломку. Стіни при цьому виконуються з дерев'яного каркасу, який набивається соломкою. Така конструкція, заштукатурена глиною, надійно утримує тепло в будинку, що дає змогу суттєво заощадити на опаленні. Також будинок із соломи відрізняється особливою міцністю та довговічністю.

Покрівля – захист і екологічність. Дах має виконувати кілька функцій: захищати будинок від атмосферних опадів та механічних пошкоджень, забезпечувати утеплення та природну вентиляцію, завершувати естетичний вигляд будинку. Традиційно найкращими екологічними матеріалами для покрівлі даху вважаються керамічна черепиця, гонт, очерет, а також дерен (зелена покрівля). Черепичний дах характеризується шумоізоляцією, стійкістю до корозії, стійкістю до морозу, естетичністю, а завдяки наявній пористості випаровується зайва волога. Особливо з натуральних покрівель виділяється дерен завдяки своїй оригінальності, можливості створення додаткових площ, додаткової теплоізоляції та озеленення даху. Такі матеріали, як гонт, очерет та дерен, у сучасному будівництві використовуються переважно під час створення елітного житла.

Вікна. Для забезпечення енергоефективності будинку вікна мають бути прозорими, великих розмірів та зі склопакетами. Звичайно, ідеальним екологічним матеріалом для вікон є дерево, але це досить дорогий варіант, який може дозволити собі не кожен забудовник. Більш бюджетним енергоефективним варіантом є сучасні ПВХ вікна, які досить безпечні для людини, надійні і практичні. Вони швидко встановлюються і зручні в експлуатації, але поступаються в екологічності.

Екологічно чисте будівництво характеризується використанням таких особливих технологій [4–8]:

1) зниження втрат тепла вентиляційної системи шляхом установки рекуператорів. Рекуперація тепла допомагає суттєво скоротити витрати енергії на опалювання житла. Рекуператори призначені для виведення із помешкання забрудненого повітря і наповнення його свіжим, вуличним. За рахунок рекуператорів можна досягти істотного енергозбереження;

2) використання сонячної енергії. Є два способи використання сонячної енергії: пасивний і активний. Пасивний спосіб передбачає застосування спеціальних будівельних технологій та правильної орієнтації будівлі, що дає змогу максимально використовувати енергію сонця для обігріву та освітлення будівлі. Активне використання сонячної енергії, своєю чергою, поділяється на два види: сонячні батареї (перетворюють сонячну енергію на електричну) та сонячні колектори (перетворюють сонячну енергію на теплову);

3) використання енергії з вітрових електростанцій. Вітрогенератори – це вітряні двигуни, що дають змогу перетворювати енергію вітру на електричну. У наш час з'явилися невеликі вітряні електростанції для будинку, які можна застосовувати як у замських котеджах, так і в міських квартирах;

4) збирання дощової і талої води. Для збору рідини накопичувальний резервуар підключають до водостічної системи покрівлі, з якої і буде стікати вода. Сам накопичувач може бути підземним або наземним. Наземні баки розміщують, як на вулиці, так і в приміщеннях. Зібрану воду найпростіше використовувати для поливу садових рослин.

Відомо кілька прикладів екобудинків на території України, зведених із використанням вище згаданих технологій.

Приклади еко-будинків в Україні. На будівельному ринку екологічні будинки представлені п'ятьма відомими компаніями [9–14].

Будинок OptimaHouse від компанії «Доступне житло» [10]. Будівництво такого будинку відбувається за каркасною технологією (дерев'яний каркас заводського виробництва з теплоізоляційними матеріалами всередині). Енергоефективність цього будинку передбачає використання для опалення систему з теплового насоса з сонячними панелями та колекторами на даху будівлі, призначе-

ними для підігріву води. Додаткової економії електричної енергії дають змогу досягти система природного освітлення та прозорі двері, фасадні і мансардні вікна. Порівняно зі звичайними будинками таких самих розмірів OptimaHouse споживає на 65% менше енергії за рік.

Солом'яний будинок сучасності від компанії «LifeHouseBuilding» [11]. Такий будинок передбачає технологію виготовлення стінових панелей із доступного органічного матеріалу – соломи. Екобудинок із соломи може бути виконаний із використанням каркасних та безкаркасних технологій. У першому випадку попередньо зводиться каркас із дерева (рідше – з металу). Ця технологія є дещо дорожчою, але будинок виходить більш надійним. Другий варіант передбачає зведення житла одразу зі спресованих солом'яних блоків.

«Канадський будиночок» від компанії «Ecorap» [12]. Ця компанія використовує панельно-каркасну технологією, яка ще називається SIP-технологією (від англ. «structural insulated panel» – структурна ізоляційна панель). Будинок складається, подібно до конструктора, з SIP-панелей, які являють собою міцну та утеплену монолітну тришарову конструкцію, що складається з двох дерев'яних плит OSB із шаром висоцільного пінополістиролу між ними. «Екопан» використовує в будівництві панелі завтовшки 7–20 см. Будинки отримали назву канадських, оскільки в таких будинках проживає більшість населення Канади, Норвегії, Фінляндії, Швеції та Аляски. Такі будинки пристосовані до суворого клімату і є значно теплішими за будівлі з цегли, газобетону та дерева.

Пасивний будинок від компанії «Neoacre» [13]. Харківська компанія «Неоаскре» пропонує не просто енергоефективне житло, а так званий пасивний будинок. Ідея «пасивного» помешкання народилася у Німеччині ще у 1990-х роках і набирає неабиякої популярності у світі. В Україні перший пасивний екобудинок («Дім Сонця») був збудований у 2008 році. Для будівництва, як правило,

вибираються традиційні екологічні матеріали: дерево, камінь, цегла. Такі будинки мають високоякісну теплоізоляцію та герметичну оболонку, а енергія для їх утримання виробляється з альтернативних джерел. Таким чином забезпечується повна незалежність від постачальників енергоносіїв.

Автономний будинок від компанії «PassivDom» [14]. Ще одним яскравим прикладом пасивного будинку є PassivDom, спроектований за модульним принципом. Відмінність такого будинку в тому, що він є абсолютно автономним і не залежить від зовнішніх джерел енергопостачання. Він оснащений власною системою водопостачання, в тому числі, й очищення води. Помешкання забезпечується енергією завдяки сонячним панелям на даху. Такий будинок не потребує фундаменту, а його каркас друкується на 3D-принтері. Для PassivDom використовують довговічні матеріали: карбонове волокно, скловолокно та поліуретан. Керування температурою, освітленням, сигналізацією здійснюється через додаток на смартфоні.

Висновки. «Зелене» будівництво є двигуном інноваційного розвитку, який сприяє формуванню здорового суспільства, поліпшення якості життя та стану навколишнього середовища.

Розвиток будівельних технологій в Україні набирає обертів, пропонуючи як вітчизняні, так і іноземні перспективні методи екобудівництва. Серед вже запропонованих на ринку екобудинків є варіанти, які можуть задовольнити потреби різних споживачів, однак їх вартість залишається високою.

Перспективи подальшого розвитку технологій «зеленого» будівництва залежать від державної політики в цій сфері. Якщо завдання екологічно чистого будівництва поставити як одне з пріоритетних для розвитку країни та здійснювати його комплексне впровадження в будівельне виробництво, то в найближчі роки це дасть змогу отримати чималі заощадження та забезпечити комфортні умови життя для людей.

Література

1. Машненко К.А. Проблеми та перспективи розвитку України як екологічної держави. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2016. Вип. 3 (30). С. 22–26. URL: [http://www.dridu.dp.ua/vidavnictvo/2016/2016_03\(30\)/5.pdf](http://www.dridu.dp.ua/vidavnictvo/2016/2016_03(30)/5.pdf).
2. Мащенко С.О., Вовк М.С., Алієв Р.А. Теорія та методологія «зеленого будівництва». *Економічний простір*. 2016. № 113. С. 220–230.
3. Зосименко Т.І., Слободянюк О.Р. Стан та перспективи розвитку зеленого будівництва в Україні. *Зелене*

- будівництво* : Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв. 2019. С. 16–18. URL: http://aggr.tech/wp-content/uploads/2019/11/KNUBA_zbirka.pdf.
4. Цигичко С.П. Екологія в архітектурі і містобудуванні : навч. посібник / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків, 2012. 146 с. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/>.
 5. Савицький М.В., Бендерський Ю.Б., Бабенко М.М. Оцінка технологічних параметрів об'єктів будівництва. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)* / ПолтНТУ. 2014. Вип. 3 (42). Т. 1. С. 144–149. URL: http://znp.nupp.edu.ua/files/archive/ua/2014/42_1/144-149.pdf.
 6. Ровенчак Т.Г., Колос Д.С. Проблеми та шляхи впровадження екологічних технологій в будівництві. *XLV Наук.-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання*. 2016. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/10742>.
 7. Шовкопляс С., Борщ В. Вентиляція з рекуперацією – важлива складова сучасного будинку. URL: <https://aw-therm.com.ua/sistemi-ventilyacii-z-rekuperaciyeyu/>
 8. Використання сонячної енергії. Альтернативна енергетика України. 2018. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/vykorystannya-sonyachnoyi-energiyi/>.
 9. Абасова С. Будинки майбутнього: хто і як створює енергоефективне житло в Україні. *Економічна правда*. 2017. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/02/24/621932/>.
 10. Офіційний сайт компанії «Доступне житло». URL: <https://www.dostupnezhitlo.com.ua/special/optimahouse/>.
 11. Офіційний сайт компанії «Life House Building». URL: <http://lhb.com.ua/>.
 12. Офіційний сайт компанії «Ecopan». URL: <https://ecopanua.com/>.
 13. Офіційний сайт компанії «Neoacre». URL: <http://neoacre.com/>.
 14. Офіційний сайт компанії «PassivDom». URL: <http://ua.passivdom.com/>.

References

1. Mashnenkov K.A. Problemy ta perspektyvy rozvytku Ukrainy yak ekolohichnoi derzhavy. *Derzhavne upravlinnia ta mistseve*. 2016. Вип. 3 (30). С. 22–26. URL: [http://www.dridu.dp.ua/vidavnytstvo/2016/2016_03\(30\)/5.pdf](http://www.dridu.dp.ua/vidavnytstvo/2016/2016_03(30)/5.pdf).
2. Mashchenko S.O., Vovk M.S., Aliiev R.A. Teoriia ta metodolohiia «zelenoho budivnytstva». *Ekonomichnyi prostir*. 2016. № 113. Р. 220–230.
3. Zosymenko T.I., Slobodianuk O.R. Stan ta perspektyvy rozvytku zelenoho budivnytstva v Ukraini. *Zelene budivnytstvo: Materialy I Mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii*. Mykolaiv. 2019. Р. 16–18. ISBN 978-617-7472-50-5. URL: http://aggr.tech/wp-content/uploads/2019/11/KNUBA_zbirka.pdf.
4. Tsyhychko S.P. Ekolohiia v arhitekturi i mistobuduvanni: tutorial / Kharkivska natsionalna akademiia miskoho hospodarstva. 2012. 146 p. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/>.
5. Savytskui M.V., Benderskui Yu.B., Babenko M.M. Otsinka tehnolohichykh parametiriv obiektiv budivnytstva. *Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)* / Poltavskiy NTU. 2014. №. 3 (42). Т. 1. Р. 144–149. URL: http://znp.nupp.edu.ua/files/archive/ua/2014/42_1/144-149.pdf.
6. Rovenchak T.H., Kolos D.S. Problemy ta shliahy vprovadzhenia ekotehnolohii v budivnytstvi. *XLV Naukovo-tehnichna konferentsiia fakultetu budivnytstva, teploenerhetyky ta hazopostachannia*. 2016. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/10742>.
7. Shovkopliash S., Borchsh B. Ventyliatsiia z rekuperatsiieiu – vazhlyva skladova suchasnoho budynku. URL: <https://aw-therm.com.ua/sistemi-ventilyacii-z-rekuperaciyeyu/>
8. Vykorystannia soniachnoi enerhii. *Alternatyvna enerhetyka Ukrainy*. 2018. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/vykorystannya-sonyachnoyi-energiyi/>.
9. Abasova S. Budynky maibutnoho: hto i yak stvoriue enerhoefektyvne zhytlo v Ukraini. *Ekonomichna pravda*. 2017. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/02/24/621932/>.
10. Ofitsiynyi sait kompanii «Dostupne zhytlo». URL: <https://www.dostupnezhitlo.com.ua/special/optimahouse/>.
11. Ofitsiynyi sait kompanii «Life House Building». URL: <http://lhb.com.ua/>.
12. Ofitsiynyi sait kompanii «Ecopan». URL: <https://ecopanua.com/>.
13. Ofitsiynyi sait kompanii «Neoacre». URL: <http://neoacre.com/>.
14. Ofitsiynyi sait kompanii «PassivDom». URL: <http://ua.passivdom.com/>.

DEVELOPMENT PROSPECTS OF ECOLOGICALLY SAFE CONSTRUCTION IN UKRAINE

Abstract. *Ecologically safe construction has been appeared recently, however it develops during last 15–20 years develops dynamically and gets popularity in all of the world. The reason is that new technologies and industrial activity resulted in considerable worsening of ecological conditions on the entire planet. Permanent pollutions by harmful emissions, usage of dangerous materials, irrational exploitation of energy resources or use of low-quality energy resources – all these factors*

have accumulative capability to have a negative influence on environment and men life. There is unsatisfactory ecological conditions in Ukraine. At the same time, construction and house-building are the most power-consuming sectors of national economics. Therefore, ecologically safe construction is the important factor of infrastructure.

Ecologically safe construction process on every stage of building erection must be well-founded, expedient, must use ecological materials and correspond to purpose-oriented destination of building. In this connection, technological decisions concerning ecological construction is extremely imported and actual.

Choosing ecological and energy expedient structures it is necessary to take into consideration: heat insulation of external building part; hermeticity of windows and doors; solar energy using; abundance appropriate quality of inner milieu of apartments; heat preservation in massive structural building parts; using such building materials, production, exploitation and utilization of which do not harm to environment.

The aim of the work is the review of present ecological construction technologies, analysis of factors that have an influence on its effectiveness and also determination prospective trends of eco-building development in Ukraine.

As a result, the types of national ecological construction technologies and examples of modern Ukrainian ecological houses have been considered. Some prospective of ecological construction development in Ukraine has been determined.

Key words: *technology, environment, ecological construction, ecological materials, energy effectiveness.*

Novomlynets O.O.

Doct. in Tech. Sc., Associate Professor at the Department of Welding Technologies and Construction, National University Chernihiv Polytechnic, Chernihiv

Oleksienko S.V.

Ph.D, Associate Professor at the Department of Welding Technologies and Construction, National University Chernihiv Polytechnic, Chernihiv

Yushchenko S.M.

Ph.D, Associate Professor at the Department of Welding Technologies and Construction, National University Chernihiv Polytechnic, Chernihiv

Nahorna I.V.

Assistant Lecturer at the Department of Welding Technologies and Construction, National University Chernihiv Polytechnic, Chernihiv

UDC 69.059.7: 65.011.4: 69.003.13

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.7>

Posternak I.M.

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Construction and Labor Organization,
Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa

Posternak S.O.

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Technical Expert,
Private Company “Composite”, Odessa

ORGANIZATIONAL ACTIONS FOR FORMATION STREAMS CONTINUOUS DEVELOPMENT FRONTS WORKS (M-CDF) OF THE COMPLEX TOWN-PLANNING POWER RECONSTRUCTION

Abstract. *As one of the promising forms of integration, various complexes appear in the urban planning structure. The tendencies of the economy of the modern information society are such that the driving force behind the innovative development of society is science. Development and implementation of new and improvement of existing technologies in capital construction is determined by the need to reduce material and labor costs for their implementation, the annual amounts of which are calculated by millions of UAH direct costs and millions of people-days labor costs, and the need to shorten the investment cycle of construction of buildings and structures. Extended reproduction requires a further increase in the level of division of labor, concentration and specialization of construction production, intensification of the exchange of results of production and economic activity. Reconstruction historical building has the big social and economic value. Its primary goals consist not only in prolongation service life buildings, but also in liquidation physical and an obsolescence, improvement conditions residing, equipment residential buildings by the modern engineering equipment, increase operational characteristics and architectural expressiveness. It is offered to create in the city of Odessa “the Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR”, as innovative organizational structure which uses in practice the saved up scientific and technical potential for reconstruction of buildings of historical building of Odessa under standards power efficiency. When organizing the management of the “CSTC T-PPR” it is not only possible to adapt the existing economic mechanism, it is necessary to search for new forms and methods of ensuring coordination in the activity of management bodies of different units. Any general managerial process by immovable object of historical building consists of management of the separate interconnected processes. The standard way of their dynamic display is the planned schedule allowing with certain periodicity to repeat the general functions of management in complex managerial process. The estimation of quality of operated processes “CSTC T-PPR”, as modeling of function of scheduling and management is executed. The presented model of an estimation of quality of management is effective as allows to estimate dynamically result of administrative activity and on this dynamics to form detailed enough forecasts of development of operated process.*
Key words: *operational administration building, building organization, corporate scientific and technical complex, town-planning power reconstruction, finishing labor.*

Problem statement in a general view.

As one of perspective forms of integration various complexes act in town-planning structure; in the course of formation plans social and economic development of large cities even more often there is a situation when for increase of efficiency used financial, material

and a manpower concentration of efforts, but also new progressive forms the organization of building manufacture – corporate, scientific and technical is necessary not simply, power efficiency.

The review of last sources of researches and publications. World practice shows,

that increase power efficiency is reached mostly at the expense of organizational changes in a guidance system power economy the enterprises or cities. Having introduced system power management it is possible to reach without the big financial losses considerable energy conservation in 3–5% for 1–2 years. Power management includes a set of the actions aimed at economy power resources: monitoring power consumption, working out power budgets, the analysis existing indicators as bases drawing up new budgets, working out a power policy, mapping out new power savings actions etc. Power efficiency building – property of a building, its structural components and plumbing system to provide during expected life cycle this building household requirements the person and optimum microclimatic conditions for its stay in premises such building at is standard-admissible (optimum) expenses power resources for heating, illumination, fanning, an air conditioning, heating of water taking into account a climatic conditions [1].

In town-planning is shown the tendency to integration, both in sphere of production of goods, and in management sphere; the expanded reproduction demands the further increase level a division of labor, concentration and specialization of building manufacture, an intensification exchange of results is industrial-economic activities. As one of perspective forms integration various complexes act in town-planning structure; in the course formation plans social and economic development of large cities even more often there is a situation when for increase of efficiency used financial, material and a manpower concentration of efforts, but also new progressive forms the organization of building manufacture – corporate, scientific and technical is necessary not simply, power efficiency [2–8].

Research objective. To offer the organizational structure using in practice the saved up scientific and technical potential for reconstruction buildings of historical building of Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency and execute research line method the organization works – a method of continuous development of fronts of works (M-CDF).

The basic material and results of researches. As leading sign expediency application coordination principles of management the generality the economic purposes

and the problems, demanding industrial cooperation acts.

From positions methodology management CSTC T-PPR is the economic object the new class which has received the name integration. Its specificity follows from its integrated approach that assumes:

- High level coincidence interests of the basic industrial organizations entering in CSTC T-PPR at preservation a branch accessory and its corresponding inclusiveness in branch systems of planning, financing, logistics and management;

- The interrelation of economic activities defining them dependence in achievement both own, and branch purposes, forming the given complex;

- Territorially caused social and economic unity, impossible without realization the coordinated economic policy, free from administrative restrictions.

Such are the most general features, testifying that at the organization management CSTC T-PPR it is impossible to adapt only an operating economic mechanism, search of new forms and methods is necessary. In effect, the main problem is today maintenance coordination in activity of the controls concerning various links and levels building branch. Suggest them to unite “under the general roof” more often. But such structures are too bulky, unhandy, and are not always realized in practice, especially in building. It is necessary to organize thus participants CSTC T-PPR that they, realizing own purposes, would reach also the general results – we will tell, with partners in building of those or other building objects or with accessory manufacturers, though and not participating directly in works, but providing them, etc. Such mechanism is coordination. Integrity CSTC T-PPR is given by not so much spatial organization, how many that end result – a product of manufacture of reconstruction which and is created by builders. Now, when the emphasis becomes on economic control levers, neglect lessons coordination management in relation to primary economic cells are necessary for considering.

Successfully to develop CSTC T-PPR it is necessary to consider changes in a control system of municipal economy, and the happened cardinal changes in economy. Especially it concerns problems with acceleration of technical updating of sphere of manufacture of building materials.

Reconstruction of historical building has the big social and economic value. Its primary goals consist not only in prolongation of service life buildings, but also in liquidation physical and an obsolescence, improvement conditions residing, equipment of residential buildings by the modern engineering equipment, increase operational characteristics and architectural expressiveness.

It is necessary to execute reconstruction of buildings historical building of Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency in which it is necessary to execute enough considerable quantity of internal painting and decorating.

Working out and introductions new and improvement of existing technologies in capital construction is defined by necessity of decrease in material and labor expenses for their performance, and also necessity reduction a reinvestment cycle building of buildings and constructions.

Application the mechanized methods manufacture internal painting and decorating raises efficiency of application building mixes as allows to organize performance works by a line method and to reduce duration of complex processes manufacture works. Wide introduction in practice building dry building mixes has opened possibilities mechanization manufacture plaster works with use both foreign, and the domestic equipment.

Before the beginning planning power reconstruction it is necessary to be defined with quantity power consumption to which it is necessary to aspire. In an original form it is recommended to stop on an intermediate variant somewhere in between the improved building and “the passive house”. Exact values will be defined within the limits of the further planning. Basically it is possible to choose both the maximum thickness of isolation, and minimum. The matter is that in parallel with thermal protection measures on decrease in consumption energy, including on hot water supply, other measures are planned for economic-household installations and the equipment and other needs also. The principle question demanding the answer is put so: what expenses are demanded by realization this or that measure, and what economy energy it will allow to achieve?

Any complex works can be executed various methods with different terms of the beginnings

and the terminations works, with different character use resources and development private fronts of works and according to technical and economic indicators different in size. Basically methods calculation the organization works are defined taking into account the restrictions imposed on communication between works.

The line method the organization works is formed by means of spatial division the general front works into private front works and parallel performance into them polytypic private streams works.

Line methods the organization works can be calculated in the different ways, therefore they have received names of methods calculation the organization works. We will consider a method of continuous development fronts works (M-CDF).

For calculation formation streams on method M-CDF we will consider the line organization of works presented by matrix durations and the schedule internal painting and decorating, at reconstruction of buildings of historical building Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency (tab. 1).

On four building objects (buildings of historical building Odessa 1820–1920 years), defined as private fronts of works, are carried out four kinds of works in rigid technological sequence ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$) on each object: plaster works (index A), priming works (index B), underpaint putty works (index C) and works on colouring (index D). The sequence development private fronts works also is fixed by the following sequence: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$.

Each kind of work is carried out by constant cast which pass to the following object only after the full termination work on previous object. If the given complex works was carried out by a consecutive method its minimum duration would be equal to the sum of durations of all works entering into a given complex:

$$T = 7 + 9 + 6 + 8 + 2 + 3 + 2 + 3 + 13 + 17 + 11 + 15 + 5 + 8 + 4 + 6 = 119 \text{ days.}$$

For the line organization works at performance any work on any object performance two obligatory conditions is required:

1) the termination the given kind of work a resource on previous object (resource readiness of executors);

2) the termination a previous kind of work on the given object (technological readiness private front of work).

In the center of each element table 1 values duration works in days are shown. At formation of schedules works the primary goal consists in calculation terms manufacture works or, otherwise, terms the beginnings and the terminations works.

For the given stream (tab. 1) as restriction is entered maintenance continuous development each private front of work (a zero stretching face-to-face communications), and as criterion function – the greatest possible rapprochement adjacent fronts works.

For a conclusion of the basic settlement formulas the size carrying the name of the period expansion which defines a difference between the beginning the subsequent work on private front I and the beginning of previous work on the same front – T_{jj+1}^p is entered into consideration. Clearly, that the work first in a technological order is not preceded by any other work and hence its beginning is accepted by the zero. Thus, having defined the beginning the first work and the corresponding period of expansion the second work, it is possible to calculate the beginning its manufacture on

private front I etc. (on an induction) before definition the beginning last kind of work.

Having calculated the beginning of last work taking into account restriction on a continuity performance of works, it is possible to define the general duration of all complex works under the formula (1):

$$T = \sum_{j=1}^{n-1} T_{j,j+1}^p + \sum_{i=1}^m t_{n,i}, \quad (1)$$

Where $T_{j,j+1}^p$ – the period expansion the subsequent front of work concerning previous; m – the general number kinds of works (a current serial index, i); n – the general number fronts of works (a current serial index, j); $t_{n,i}$ – duration i works on last private front.

For definition of values the period expansion the subsequent fronts of works we will take advantage a condition (2) at which prior to the beginning any simple work, work the same kind previous on front should be executed:

$$T_{j,j+1}^p = \max_{i=1,m} \sum_{k=1}^i (t_{j,k} - t_{j+1,k-1}), \quad (2)$$

Table 1. Matrix durations and the schedule internal painting and decorating, at reconstruction buildings of historical building of Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency, calculated by a method of continuous development fronts works

Index and the name of works	Private front of work												Total duration of work
	I			II			III			IV			
A. Plaster works	0		7	10		19	31		37	39		47	47=47–0
		7			9			6			8		30=7+9+6+8
													17=47–30
B. Priming works	7		9	19		22	37		39	47		50	43=50–7
		2			3			2			3		10=2+3+2+3
													33=43–10
C. Underpaint putty works	9		22	22		39	39		50	50		65	56=65–9
		13			17			11			15		56=13+17+11+15
													0=56–56
D. Works on colouring	22		27	39		47	50		54	65		71	49=71–22
		5			8			4			6		23=5+8+4+6
													26=49–23
Total durations of fronts of works	27=27–0			37=47–10			23=54–31			32=71–39			Stretching of communications resource 76=17+33+0+26
	27= =7+2+13+5			37= =9+3+17+8			23= =6+2+11+4			32= =8+3+15+6			
				$T_{II}^p = 10$			$T_{III}^p = 21$			$T_{IV}^p = 8$			

Source: It is developed by authors on the basis scheduling

Where $t_{j+1,0}$ – the operation time a zero kind equal to zero.

For M-CDF restrictions forbid negativity of resource communications.

Let's take advantage the previous formula (2) and we will define the periods expansion works II, III and IV, shown by following formulas (3):

$$\begin{aligned}
 T_{II}^p &= \max \left\{ \begin{array}{l} 7 - 0 = 7 \\ 7 + 2 - 0 - 9 = 0 \\ 7 + 2 + 13 - 0 - 9 - 3 = 10 \\ 7 + 2 + 13 + 5 - 0 - 9 - 3 - 17 = -2 \end{array} \right\} = 10; \\
 T_{III}^p &= \max \left\{ \begin{array}{l} 9 - 0 = 9 \\ 9 + 3 - 0 - 6 = 6 \\ 9 + 3 + 17 - 0 - 6 - 2 = 21 \\ 9 + 3 + 17 + 8 - 0 - 6 - 2 - 11 = 18 \end{array} \right\} = 21; \\
 T_{IV}^p &= \max \left\{ \begin{array}{l} 6 - 0 = 6 \\ 6 + 2 - 0 - 8 = 0 \\ 6 + 2 + 11 - 0 - 8 - 3 = 8 \\ 6 + 2 + 11 + 4 - 0 - 8 - 3 - 15 = -3 \end{array} \right\} = 8.
 \end{aligned} \quad (3)$$

Conclusions. It is offered to create in the city Odessa “the Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR”, as the innovative organizational structure using in practice the saved up scientific and technical potential for reconstruction buildings historical building of Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency.

Formation of streams (in the matrix form) on a method of continuous development of fronts of works (M-CDF), as line method calculation the planned schedule performance internal painting and decorating of the Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR” is executed. The considered method calculation a building stream effectively to apply in need delivery in operation building objects in limiting deadlines.

Bibliography

1. Асоціація енергоаудиторів України. URL: <http://aea.org.ua/ru/energy-management/>.
2. Дзеджула В.В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2014. 346 с.
3. Posternak I.M., Posternak S.A. (2016). Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR” Odessa. *The development of international competitiveness: state, region, enterprise: materials of the International scientific conference*. Lisbon, Portugal: Baltija publishing. Part II. V. 1. Business economics and corporate management: innovation problem. Pp. 6–8.
4. Posternak I.M., Posternak S.A. Die kalenderplanung bei der organisation des baues des komplexes städtebaulich energetisch-rekonstruktion. *Economy and society: a modern foundation for human development* : materials of the II International scientific conference, Germany, Leipzig, June 23th, 2017; Leipzig university : Baltija publishing, 2017. Part II. P. 44–47.
5. Постернак И.М., Постернак С.А. Сохранение объектов культурного наследия Одессы с учетом энергоменеджмента. *Збереження історичної забудови центру Одеси шляхом включення до основного списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО* : матеріали III і IV Міжн. наук.-практ. конф., м. Одеса, 2–4.12.2015 р. та 15–16.12.2016 р. Одеса : Астропринт, 2016. С. 220–223.
6. Posternak I., Posternak S. “CSTC T-PPR”: architectural and historical development of Odessa in XIX ... the beginning of the XXth centuries. *Innovative solutions in modern science (II. Technical Sciences)*. 2018. № 1(20), Dubai, United Arab Emirates: Center for international scientific cooperation TK Meganom LLC, P. 33–44. DOI 10.26886/2414-634X.1(20)2018.3.
7. Posternak I., Posternak S. “CSTC T-PPR”: using construction–heat-insulating an autoclave foam-concrete. *Paradigm of Knowledge (II. Technical Sciences)*. 2019. № 1(33), Ruwi, Sultanate of Oman: Center for international scientific cooperation TK Meganom LLC, P. 5–16. DOI 10.26886/2520-7474.1(33)2019.1.
8. Posternak I., Posternak S. CSTC T-PPR: necessity of innovative technologies for the city of Odessa. *Risks of instability: safety and management: collection of materials of the multidisciplinary scientific and practical conference*, Kyiv, March 16th, 2018, Portal Futurolog. Kyiv : Yudina L.I., 2018. P. 29–32.

References

1. Asotsiatsiia enerhoaudytoriv Ukrainy. [Energy Auditors Association]. (2020, April 27). URL: <http://aea.org.ua/ru/energy-management/> (in Ukrainian).
2. Dzhedzhula, V.V. (2014). Enerhozbezrehennia promyslovykh pidpriemstv: metodolohiia formuvannia, mekhanizm upravlinnia [Energy saving industrial enterprises: Methodology of formation, management mechanism]. Vinnytsia: VNTU (in Ukrainian).
3. Posternak I.M., Posternak S.A. (2016). Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR” Odessa. *The development of international competitiveness: state, region, enterprise* : materials of the International scientific conference. Lisbon, Portugal: Baltija publishing. Part II. V. 1. Business economics and corporate management: innovation problem. Pp. 6–8.

4. Posternak I.M., Posternak S.A. Die kalenderplanung bei der organisation des baues des komplexes stadttebaulich energetisch-rekonstruktion. *Economy and society: a modern foundation for human development: materials of the II International scientific conference, Germany, Leipzig, June 23th, 2017; Leipzig university : Baltija publishing, 2017. Part II. P. 44–47.*
5. Posternak, I.M., & Posternak, S.A. (2016). Sohranenie ob'ektov kulturnogo naslediya Odessyi s uchetom energomenedzhmenta [Preservation objects a cultural heritage of Odessa with the account power management]. Preservation of historic buildings in the central part of Odessa via inscribing in the UNESCO world heritage list (pp. 220–223). Odessa : Astroprint (in Russian).
6. Posternak I., Posternak S. “CSTC T-PPR”: architectural and historical development of Odessa in XIX ... the beginning of the XX-th centuries. *Innovative solutions in modern science (II. Technical Sciences)*. 2018. № 1(20), Dubai, United Arab Emirates: Center for international scientific cooperation TK Meganom LLC, P. 33–44. DOI 10.26886/2414-634X.1(20)2018.3.
7. Posternak I., Posternak S. “CSTC T-PPR”: using construction–heat-insulating an autoclave foam-concrete. *Paradigm of Knowledge (II. Technical Sciences)*. 2019. № 1(33), Ruwi, Sultanate of Oman: Center for international scientific cooperation TK Meganom LLC, P. 5–16. DOI 10.26886/2520-7474.1(33)2019.1.
8. Posternak I., Posternak S. CSTC T-PPR: necessity of innovative technologies for the city of Odessa. *Risks of instability: safety and management: collection of materials of the multidisciplinary scientific and practical conference, Kyiv, March 16th, 2018, Portal Futurolog, Kyiv : Yudina L.I., 2018. P. 29–32.*

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ БЕЗПЕРЕРВНОГО ОСВОЄННЯ ФРОНТІВ РОБІТ (М-БОФ) КОМПЛЕКСУ МІСТОБУДІВНОЇ ЕНЕРГОРЕКОНСТРУКЦІЇ

Анотація. Як одна з перспективних форм інтеграції виступають у містобудівній структурі різні комплекси. Тенденції економіки сучасного інформаційного суспільства такі, що рушійною силою інноваційного розвитку суспільства стає наука. Розробка і впровадження нових і вдосконалення наявних технологій у капітальному будівництві визначається необхідністю зниження матеріальних і трудових витрат на їх виконання, щорічні розміри яких обчислюються мільйонами гривень прямих витрат і мільйонами люд.-днів. трудових витрат, а також необхідністю скорочення інвестиційного циклу будівництва будівель та споруд. Розширене відтворення вимагає подальшого підвищення рівня поділу праці, концентрації й спеціалізації будівельного виробництва, інтенсифікації обміну результатами виробничо-господарської діяльності. Реконструкція історичної забудови має велике соціально-економічне значення. Її основні завдання полягають не тільки у продовженні терміну служби будівель, але й у ліквідації фізичного і морального зносу, поліпшенні умов проживання, оснащенні житлових будинків сучасним інженерним обладнанням, підвищенні експлуатаційних характеристик і архітектурної виразності. Пропонується створити в місті Одесі «Корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції “КНТК МЕРек”», як інноваційну організаційну структуру, яка використовує на практиці накопичений науково-технічний потенціал для реконструкції будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоефективності. При організації керування КНТК МЕРек не можна лише пристосовувати діючий господарський механізм, необхідний пошук нових форм і методів забезпечення координації в діяльності органів керування різних ланок. Будь-який загальний процес управління нерухомим об'єктом історичної забудови складається з управління окремими взаємозалежними процесами. Загальноприйнятим способом їх динамічного відображення є календарний план, що дає змогу з певною періодичністю повторювати загальні функції управління в комплексному процесі управління. Виконана оцінка якості керованих процесів «КНТК МЕРек» як моделювання функцій календарного планування й управління. Представлена модель оцінки якості управління є ефективною, тому що дає змогу динамічно оцінювати результат управлінської діяльності й за цією динамікою формувати досить детальні прогнози розвитку керованого процесу.

Ключові слова: оперативне управління будівництвом, організація будівництва, корпоративний науково-технічний комплекс, містобудівна енергореконструкція, опоряджувальні роботи.

Постернак І.М.

к.т.н., доцент, доцент кафедри організації будівництва та охорони праці,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

Постернак С.О.

к.т.н., доцент, технічний спеціаліст,
Приватне підприємство «Композит», м. Одеса

УДК 624.012.45

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.8>

Постернак О.О.

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

Кравченко С.А.

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

Агафонова І.П.

викладач кафедри будівельної інженерії та економіки,
Бендерський політехнічний філіал Придністровського державного університету
імені Т.Г. Шевченка, м. Бендери, Молдова

Агаєва О.А.

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

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ТА МОНОЛІТНИХ ПЕРЕКРИТТІВ ІЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НА БАГАТОКОМПОНЕНТНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

Анотація. Застосування легких бетонів на пористих заповнювачах для конструкцій будівель дає змогу збільшити прольоти й поверховість будинків, зменшити строки та знизити вартість будівництва.

Близько 20% загальних витрат на будівництво нових будівель припадає на конструкції перекриттів, тому важливим є вибір їх раціонального варіанта з погляду технологічності виготовлення, міцнісних характеристик і економічності. З цієї позиції актуальним є застосування збірно-монолітних та монолітних перекриттів.

У роботі здійснені дослідження несучої здатності й деформативності збірно-монолітного й монолітного перекриття з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому класу С 12/15 і важкого бетону класу С 20/25. Виконано зіставлення дослідних даних деформативності, тріщиностійкості і міцності зразка перекриття з результатами розрахунків за чинними нормами.

Проведений аналіз отриманих дослідних значень деформацій, переміщень і тріщин дає змогу зазначити, що в процесі навантаження зразка чітко прослідковувалися описувані деформаційними моделями стадії його пружного й пружнопластичного деформування.

Несуча здатність зразка збірно-монолітного перекриття за розрахунком, в порівнянні з дослідними даними, була визначена з різницею 1%.

У разі нормативного навантаження ширина розкриття тріщин у монолітному перекритті становила 0,125 мм, а в збірно-монолітному – 0,1 мм, що менше встановленої нормами гранично припустимої ширини $w_k = 0,4$ мм. У разі навантаження, еквівалентного руйнуючому, ширина розкриття тріщин не перевищувала граничних значень і становила 0,4 мм для монолітного перекриття й 0,3 мм – для збірно-монолітного перекриття.

Аналіз графіків « $F - f$ » для збірно-монолітного й монолітного перекриття показав, що область діаграми, отриманої за результатами нормативних розрахунків, проходить майже паралельно дослідній діаграмі, розходження становлять у середньому 24% і 17%.

Розроблені конструкції збірно-монолітного й монолітного перекриття мають необхідну міцність, жорсткість і довговічність й можуть бути рекомендовані для застосування в будівництві малоповерхових суспільних і житлових будинків, а також при реконструкції.

Ключові слова: несуча здатність, деформативність, перекриття, легкий бетон.

Залізобетонні конструкції з легких бетонів на пористих заповнювачах дають змогу збільшити прольоти й поверховість будинків, укрупнити монтажні елементи, використовувати більш прості з меншою вантажопідйомністю механізми для монтажу, підвищити продуктивність праці і якість будівництва, домогтися його прискорення, знизити вартість, що сприятливо не лише для малоповерхового будівництва.

Залізобетонні перекриття є одним із найбільш важливих конструктивних елементів житлових будинків. Вартість перекриттів у загальній вартості житлового будинку становить від 15 до 20%, будівельні витрати праці на їх влаштування – до 25%. Цей факт визначає важливість вибору раціонального варіанта застосовуваної конструкції перекриття з погляду технологічності виготовлення, міцнісних характеристик і економічності того або іншого проекту.

Варто зазначити, що використання збірно-монолітних перекриттів приводить до значної економії матеріальних і енергоресурсів, зниження трудомісткості зведення шляхом спрощення арматурних робіт і скорочення або повного виключення робіт з монтажу й демонтажу опалубки.

Окрім того, застосування в процесі будівництва легких бетонів на пористих заповнювачах типу керамзиту забезпечує помітне зниження матеріалоємності й витрат на фундаменти, економію арматури і знижує вартість будівництва на 13–15%.

Постановка проблеми. Використання легких бетонів у збірному й монолітному домобудівництві є досить актуальним завданням, оскільки передбачає вирішення багатьох актуальних завдань сучасного будівництва й одночасне вирішення екологічних, ресурсозберігаючих й економічних проблем за рахунок технологічних і техногенних відходів, які доцільно застосовувати в процесі виготовлення залізобетонних конструкцій.

Аналіз останніх досліджень. За останній час накопичилось багато досліджень несучої здатності й деформативності конструкцій із легких бетонів, які наведені в роботах

М.А. Ахматова, Є.М. Бабича, Б.С. Комисаренко, А.І. Костюка, Р.Л. Маїляна, Л.П. Орентліхера, Н.Я. Співака, А.С. Столевича, В.Г. Суханова, О.Б. Пірадова та ін.

На сучасному рівні значний внесок у розвиток бетонів із використанням шлаків і золи зробили Ш.Т. Бабаєв, С.О. Висоцький, В.М. Горін, Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, С.В. Зінченко, А.Г. Зоткін, Камаль М.Р. Маді, М.Ю. Лещинський, Н.Р. Рузієв, О.В. Каляскін, В.Н. Ярмаковський та ін., але в основному ресурсозберігаючи питання через застосування промислових відходів під час виготовлення пористих заповнювачів і в'язучих розглядаються для конструкцій із важкого бетону.

Мета роботи полягає в дослідженні несучої здатності й деформативності збірно-монолітного й монолітного перекриття з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому.

Дослідження проводилися на зразках збірно-монолітного й монолітного перекриття (рис. 1), виконаного з керамзитобетону на багатокомпонентного в'язучого класу С12/15 і важкого бетону класу С20/25 (табл. 1).

У процесі випробувань навантаження прикладалося у вигляді 5 зосереджених сил в 1/6 прольоту. Рівні навантаження становили 5% від розрахункового руйнівного навантаження до утворення тріщин і 10% – після утворення тріщин. Навантаження на кожному етапі, крім першого, визначалися арифметичними обчисленнями за обмірюваною масою штучних вантажів.

У процесі випробувань вимірялися:

- прогини зразків у середині прольоту;
- поздовжні деформації арматури й бетону по бічних гранях основних зразків;
- значення навантажень тріщиноутворення, ширина розкриття тріщин;
- значення руйнівних навантажень.

Результати дослідження. Проведені дослідження передбачали зіставлення дослідних даних деформативності, тріщиностійкості й міцності зразка перекриття з результатами розрахунків за чинними нормами ДБН [1].

Розрахунок за чинними нормами [1] проводився до рівня навантаження, що становить 80% від максимального.

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики бетону

Клас бетону	Вік, діб	f , МПа	f_{cp} , МПа	f_{ctd} , МПа	E_c , МПа
C12/15	80	12,4	8,8	1,4	14800
C20/25	120	16,9	13,0	1,6	27800

За даними показань тензорезисторів, наклеєних на бічних гранях елемента, можна говорити характер розподілу деформацій по висоті перетину як про лінійний із певним ступенем допущення (рис. 2).

Проведений аналіз отриманих дослідних значень деформацій, переміщень і тріщин дає змогу зазначити, що в процесі навантаження зразка чітко прослідковувалися описувані деформаційними моделями стадії

його пружного й пружнопластичного деформування.

Для оцінки напружено-деформованого стану перетину дослідного зразка, що перебуває в зоні чистого вигину, будувалися залежності « $M - \varepsilon_s$ ». Критерієм вичерпання несучої здатності зразка перекриття з'явилося досягнення деформацій у поздовжній розтягнутій арматури граничних значень, як і в роботі [2].

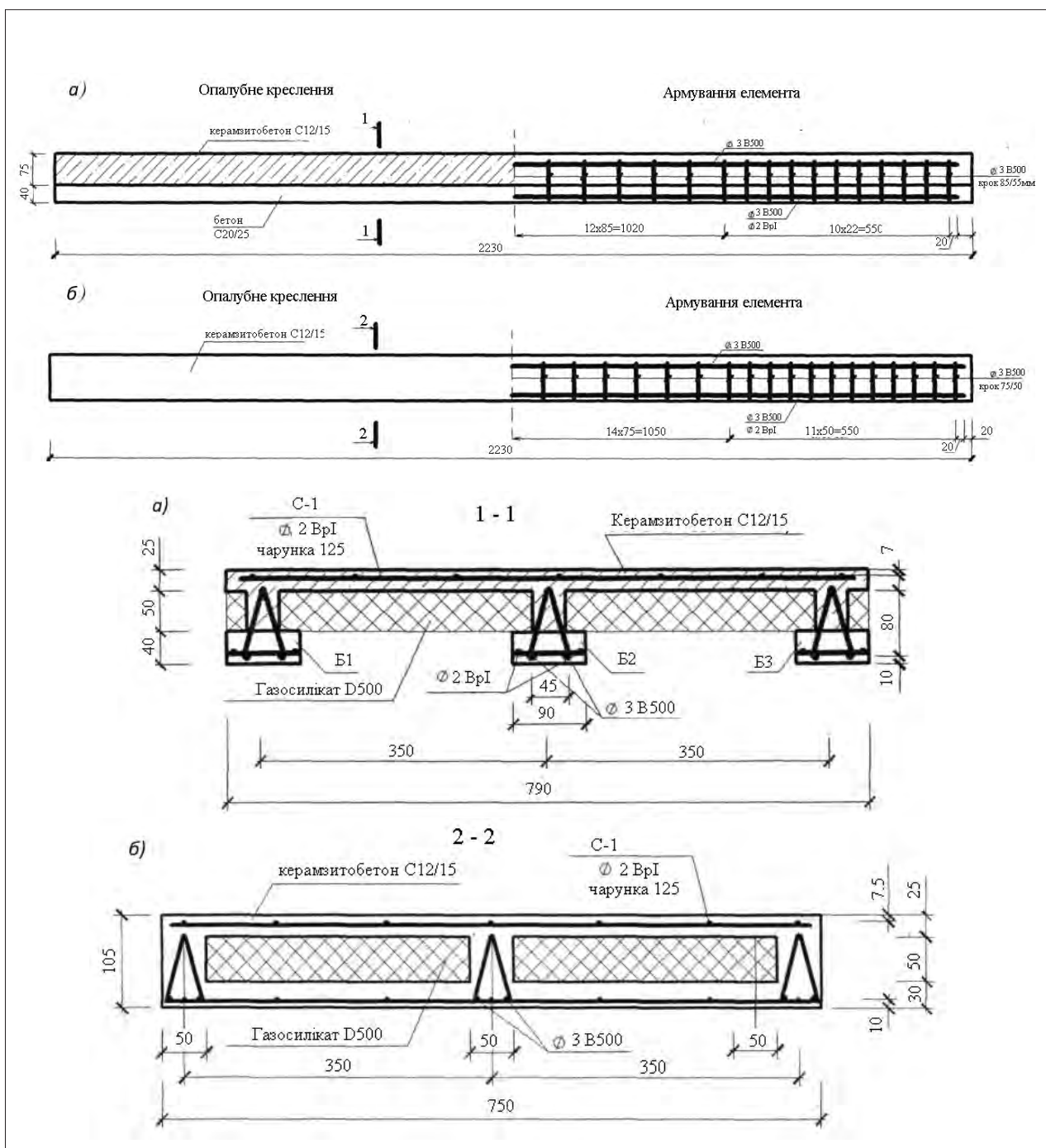


Рис. 1. Конструкція зразків збірно-монолітного перекриття: а – зразок збірно-монолітного перекриття; б – зразок монолітного перекриття

Несуча здатність зразка збірно-монолітного перекриття (навантаження, при якому деформації в арматурі досягають граничних значень) була визначена з різницею порівняно з дослідними даними на 1% (табл. 2).

Таблиця 2. Порівняння даних експериментальних досліджень щодо несучої здатності з теоретичним розрахунками

Тип зразка	$M_{\text{досл}},$ кН×м	ДБН В.2.6 – 2009	
		$M_p, \text{кН×м}$	$M_d/M_{\text{досл}}$
Збірно-монолітне перекриття	3,84	3,94	1,02
Монолітне перекриття	3,99	3,76	0,94

Під час проведення експериментальних досліджень були визначені характер утворення й розвитку тріщин (рис. 3, 4), зміна відстані між тріщинами s_r і висоти тріщин $h_{\text{срв}}$ зі збільшенням навантаження.

У разі нормативного навантаження ширина розкриття тріщин у монолітному перекритті становила 0,125 мм, а в збірно-монолітному – 0,1 мм, що суттєво менше встановленої нормами [1] гранично припустимої ширини $w_k = 0,4$ мм.

У разі навантаження, еквівалентному руйнуючому, ширина розкриття тріщин не перевищувала граничних значень і становила 0,4 мм для монолітного перекриття й 0,3 мм – для збірно-монолітного перекриття.

За обрисами графіків « $F - f$ » для збірно-монолітного й монолітного перекриття видно, що області діаграми, отриманої за результатами нормативних розрахунків (табл. 3), проходить майже паралельно дослідній діаграмі, при цьому недооцінюючи величину прогинів у розрахунковому перетині в середньому на 24% і 17%.

Висновки. Отримані експериментальні дані про міцність, тріщиностійкість і деформативність зразків збірно-монолітного й монолітного перекриття з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому.

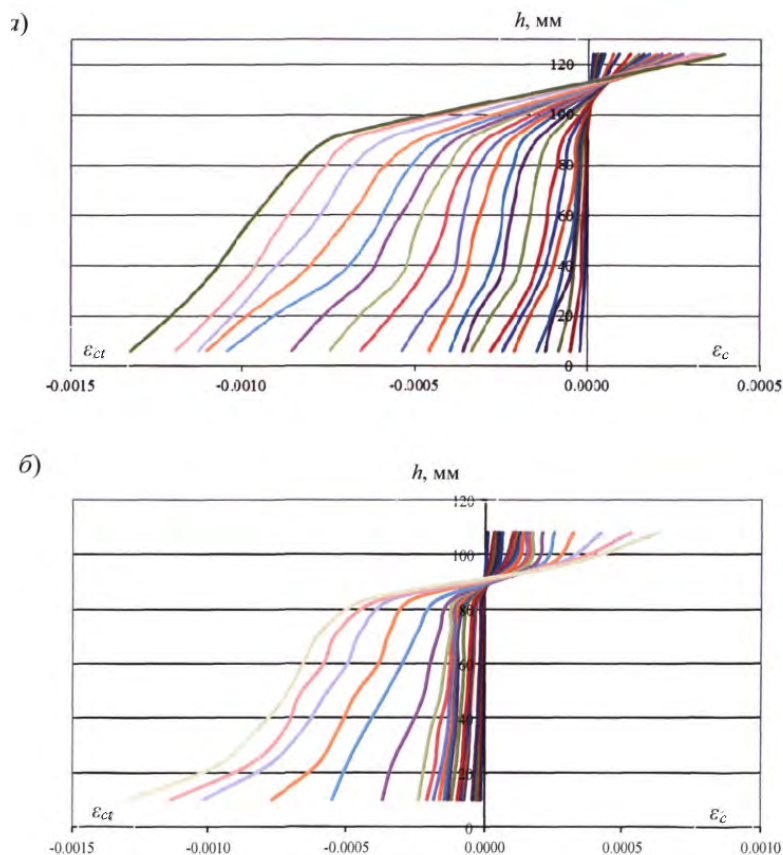


Рис. 2. Характер розподілу деформацій у бетоні за висотою перетину:
а – збірно-монолітного перекриття; б – монолітного перекриття

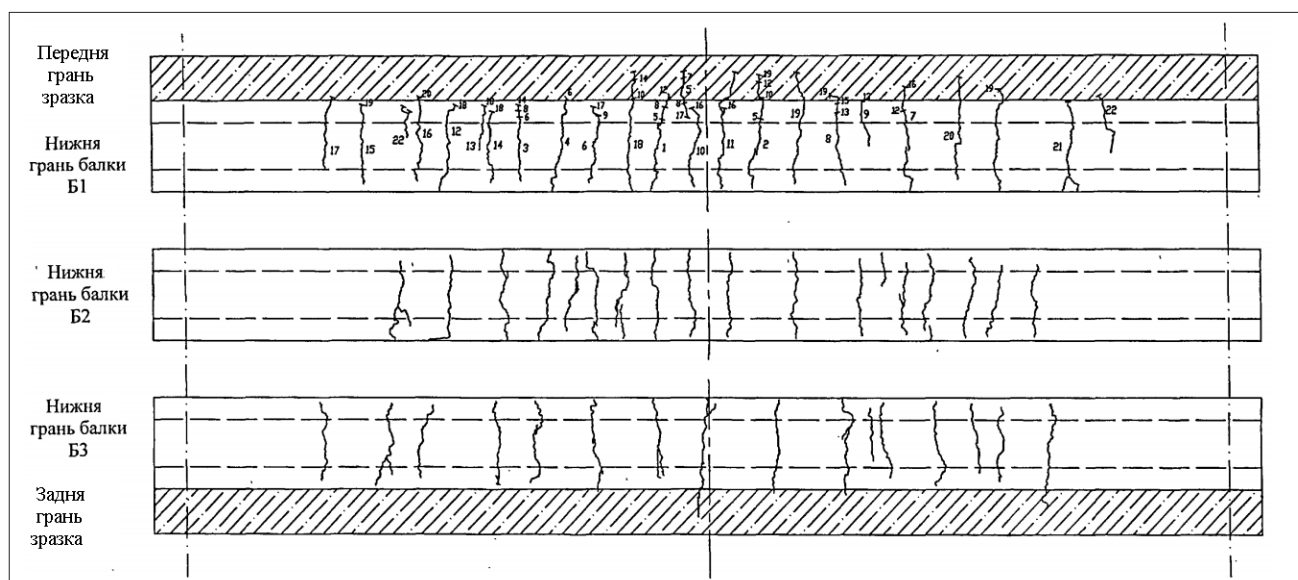


Рис. 3. Схема характерних тріщин за розгорненням дослідного зразка збірно-монолітного перекриття

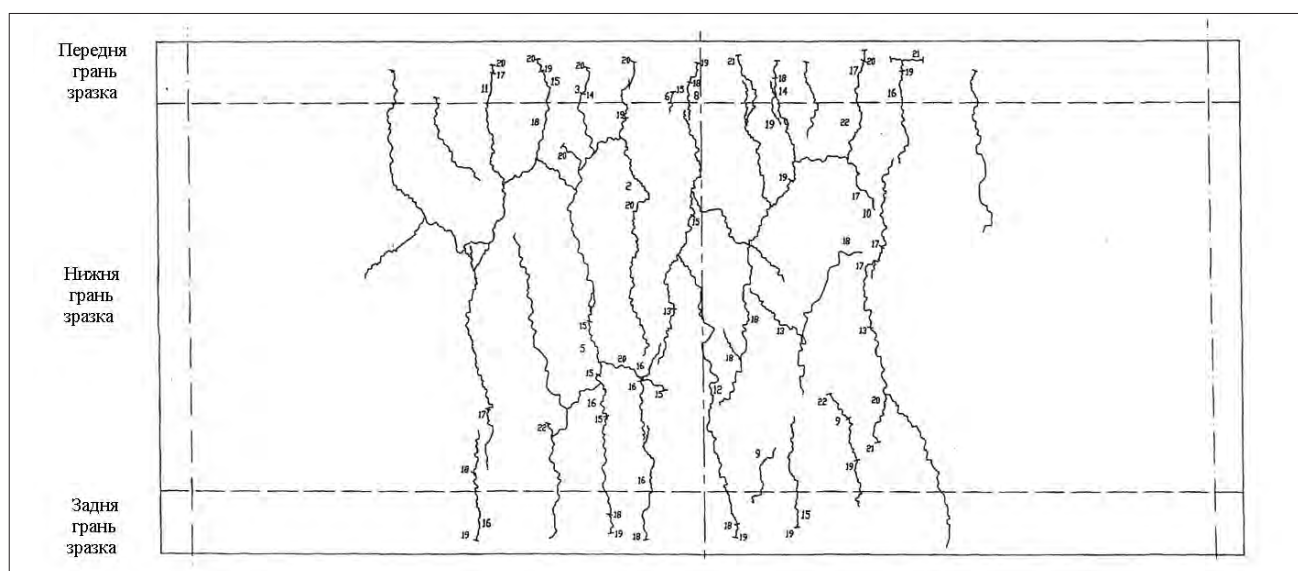


Рис. 4. Схема характерних тріщин за розгорненням дослідного зразка монолітного перекриття

Таблиця 3. Порівняння даних експериментальних досліджень за деформативністю з теоретичними розрахунками

Тип зразка	M_t/M_d	Прогин $f_{\text{докл}}$, мм	ДБН В.2.6-98:2009	
			f , мм	$f/f_{\text{докл}}$
Збірно-монолітне перекриття	0,5	3,14	2,71	0,86
	0,6	5,49	4,11	0,75
	0,7	6,86	5,50	0,80
	0,8	8,02	6,90	0,86
Монолітне перекриття	0,5	1,54	2,13	1,38
	0,6	2,80	3,93	1,40
	0,7	5,30	5,73	1,08
	0,8	7,88	7,53	0,95

Проаналізовано напружено-деформований стан, визначені експериментальні величини відносних поздовжніх деформацій бетону за висотою перетину, дослідні значення навантаження тріщиноутворення ширини розкриття тріщин, прогинів і величин руйнівного навантаження.

Проведені експериментальні дослідження зразків монолітного й збірно-монолітного перекриттів показали, що розроблені конструк-

тивні рішення перекриттів мають значний запас жорсткості, який становить 42% і 40% відповідно.

Розроблені конструкції збірно-монолітного й монолітного перекриття мають необхідну міцність, жорсткість і довговічність й можуть бути рекомендовані для застосування в будівництві малоповерхових суспільних і житлових будинків, а також у процесі реконструкції.

Література

1. ДБН В.2.6 – 98: 2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Чинний від 01.06.2011. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
2. Смоляго Г.А. и др. Результаты экспериментальных исследований несущей способности, трещиностойкости и деформативности сборномонолитных и монолитных перекрытий. *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2011. № 5-2. С. 105–109.
3. Смоляго Г.А., Дронова А.В. Несущая способность, трещиностойкость и деформативность сборно-монолитных и монолитных железобетонных перекрытий. *Эффективные строительные конструкции: теория и практика* : сборник статей X Международной научно-технической конференции. Пенза : Приволжский Дом знаний, 2010. С. 48–51.
4. ДСТУ Б В.2.6-154:2010 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірно-монолітні конструкції. Правила проектування. Чинний від 01.06.2011. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 118 с.

References

1. DBN V.2.6 – 98: 2009. Betonni ta zalizobetonni konstrukcii'. Osnovni polozhennja. Chynnyj vid 01.06.2011. Kyi'v : Minregionbud Ukraï'ny, 2011. 71 s.
2. Smoljago G.A. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy nesushchey sposobnosti, treshchinostoykosti i deformativnosti sbornomonolitnykh i monolitnykh perekrytiy. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011. № 5-2. S. 105–109.
3. Smoljago G.A., Dronova A.V. Nesushhaja sposobnost', treshhinostojkost' i deformativnost' sborno-monolitnyh i monolitnyh zhelezobetonnyh perekrytij. *Jefferktivnye stroitel'nye konstrukcii: teorija i praktika* : sbornik statej H Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Penza : Privolzhsnij Dom znaniy, 2010. S. 48–51.
4. DSTU B V.2.6-154:2010 "Betonni ta zalizobetonni konstrukcii". Zbirno-monolitni konstrukcii'. Pravyla proektuvannja. Chynnyj vid 01.06.2011. Kyi'v : Minregionbud Ukraï'ny, 2011. 118 s.

BEARING STRENGTH AND DEFORMATION COLLAPSIBLE-MONOLITHIC AND MONOLITHIC SLABS FROM LIGHTWEIGHT CONCRETE ON A MULTICOMPONENT BINDING AGENT

Abstract. Application of light concrete on porous fillers for the constructions of buildings allows to increase flights and houses number of storeys, decrease terms and reduce a building cost. About 20% general costs for the construction of new buildings are on the slab structures, so it is important to choose their rational variant from point of view of processability, strength characteristics and economy. From this position the application collapsible-monolithic and monolithic slabs is actual.

The work carried out researches of bearing capacity and deformability of collapsible-monolithic and monolithic slab from haydite concrete on multicomponent binder of class C12/15 and heavy concrete of class C20/25. Comparison of experimental information of deformability, crack resistance and durability of slab model with the results of calculations after operating norms is executed. The conducted analysis of the experimental values of deformations, moving and cracks, allows to mark that the stages of its elastic and elastic-plastic deformation described by the deformation models were clearly traced.

Bearing capacity of collapsible-monolithic slab model upon settlement, compared to experimental data, was determined with an error 1%.

At the normative loading the crack opening width in the monolithic slab was 0,125 mm, and in the collapsible-monolithic 0,1 mm, that less than the maximum possible width established by the norms $w_k = 0,4$ mm. At loading equivalent to destroying, crack opening width did not exceed maximum values and made 0,4 mm for the monolithic slab and 0,3 mm for collapsible-monolithic slab.

Analysis of charts «F – f» for collapsible-monolithic and monolithic slabs showed that the area of diagram, got as a result of normative calculations, runs almost parallel to the experimental diagram, divergences average 24% and 17%.

Developed collapsible-monolithic and monolithic slab constructions have necessary durability and rigidity, and can be recommended for use in building of low-rise public and residential houses, and also in reconstruction.

Key words: *Bearing capacity, deformations, slab, light weight concrete.*

Posternak A.A.

PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa

Kravchenko S.A.

PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa

Agafonova I.P.

Teacher at the Department of Construction Engineering and Economics,
Bendery Polytechnic Branch of the Taras Shevchenko
Transnistria State University, Bendery, Moldova

Ahaieva O.A.

PhD in Engineering, Assistant at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities,
Odesa State Academy of Construction and Architecture, Odesa

UDC 692.415

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.9>**Prybytko I.O.**

PhD in Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Welding Technologies and Construction,

National University “Chernihiv Polytechnic”, Chernihiv

Bolotov M.H.

PhD in Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Welding Technologies and Construction,

National University “Chernihiv Polytechnic”, Chernihiv

Rudenko M.M.

Senior Lecturer at the Department of Welding Technologies and Construction,

National University “Chernihiv Polytechnic”, Chernihiv

**STUDY OF GEOMETRICAL PARAMETERS INFLUENCE OF PROFILED DECKING
ON BEARING CAPACITY OF THE ROOF**

Abstract. Nowadays, roofing is one of the most important features of our home. It controls temperatures, adds architectural appeal and protects from different kind of natural disasters. Depending on what roof type you choose for your structure, you may be using roof tiles, ridge caps, metal roofing sheets, underlayment and roof insulation. The main advantage of the metal roof panels and corrugated roofing have a much longer life. They are possess of good fire-resistance abilities and reflects the heat. Moreover, metal roofing sheets are maintained quite quickly and easily. Nevertheless, the metal roofing has a few cons mainly related with the massive weight of such construction and the huge metal consumption as well, let alone of their cost.

In this case, the article considers of the current problem, related with the searching of ways of the metal consumption decreasing in the processes of roofing manufacturing by means of modeling of the different overlapping construction of industrial buildings at the accounting of rigidity of a profiled flooring in the modern mathematical packages: APM WinMachine, SolidWorks, and ANSYS.

The main results of this study can be summarized, as follows: the profiled flooring increases rigidity of a roof, reducing a trusses deflection (by 20–30%); the profiled flooring changes a picture of stresses distribution in the trusses elements dramatically. By taking into account of profiled flooring rigidity there is an opportunity to reduce metal consumption of overlapping designs of industrial buildings. Studies need to be conducted for each case of profiled decking (depending on the parameters roof – type of trusses, step of trusses, span values etc.). The calculation of roofing structures should be considering building carcass as a whole rather than the individual trusses.

Key words: metal construction, overlapping, profiled flooring, truss, metal consumption.

Introduction. Roofing is one of the most important structural elements of buildings as industrial and civil use. The main purpose of the roof is to protect of the building from precipitation as rain or snow, as well as the heat loss in winter and overheating in summer. The series of the research related with the buildings destruction due to the natural rainfalls was conducted in [1]. Considerable distribution was gained also are not warmed, so-called “cold roofs” (shelters for equipment,

some warehouse, not heated industrial buildings, hot workshops, etc.).

In a general view the building's roof is consists, directly, of the roofing (protecting) designs, the bearing elements (runs, farms) and the communications providing a spatial permanence, rigidity and stability of a roof in general and its separate elements [2; 3].

The bearing elements are made of metal, wood or reinforced concrete as a rule. The wooden roofing structures are fully considered in [4].

In [5] the impact of the welded reinforce joints onto the bearing capacity of the concrete structures was shown. The greatest distribution was gained by metal designs, thanks to a number of advantages:

1. *The high bearing ability.* Metal designs can perceive considerable efforts at rather small cuts owing to the big durability of metal.

2. *High reliability.* Thanks to structural homogeneity of metal and its elastic properties metal designs can be counted most accurately. It allows to provide reliability of the projected construction.

3. *The ease and transportability.* High mechanical properties allow the metal to withstand considerable internal stresses without deformation. Cross sections of metal structures are lighter compared to other materials with the same effort.

4. *Industriality.* Metal designs make from ready rolling, pressed or bent profiles at the high-mechanized enterprises. Their installation is carried out by the specialized enterprises with the minimum expenses of manual skills. They have high degree of factory readiness.

Besides, metal designs are convenient in operation as can be easily strengthened at increase in loadings. They are most fully used at reconstruction and easily are under repair.

However, along with the advantages of metal structures they also have a number of drawbacks, mainly related to low corrosion and fire resistance of most metals, which significantly limit their use.

Statement of Problem. At design of metal structures service conditions, economy of metal, transportability, technological effectiveness, high-speed installation, durability, convenience of leaving during operation and esthetics have to be considered.

The basic principle of metal structures designs is achievement of three main indicators: economy of metal, increase of labor productivity at production, decrease in labor input and terms of installation, which determine the cost of design.

Actual scientific researches analysis. In spite of the fact that these indicators often at realization contradict one another (for example, the most economical on expenses metal design often happens the most labor consuming at production and installation), experience of development of metal designs confirms possibility of realization of this principle [6].

The economy of metal in metal structures is reached by realization of the following main directions: applications in the construction designs low-alloyed and high-strength steels, use of the most economic rolling and bent profiles, search and introduction in construction of modern effective constructive forms and systems (spatial, previously intense, tubular, etc.), improvement of methods of calculation and search of optimum constructive decisions with use of computer facilities.

Purpose of the research. The aim of this work is to study the possibility of reduction of metal consumption of overlapping construction of industrial buildings at the accounting of rigidity of a profiled flooring.

Results of the research. From the point of view of metal constructions design, the steel profiled sheets are most interesting material, thanks to a number of advantages: they have rather big range of standard sizes, low cost and weight, can be applied to any tilt angles of a roof. Profiles steel sheet bent with corrugations in the form of trapezes for building are applied in construction as covering, as the barrier material in the barrier constructions (wall panels, partitions, gate, etc.), industrial buildings of light metal structures operating in aggressive and slightly aggressive environments.

Profiled sheets classify on:

1. By appointment: F – for flooring coatings, FW – for a flooring and wall barriers, W – for wall barriers.

2. By material of initial workpiece:

– sheets of zinc rolled sheet by the GOST 14918 (no designation);

– sheets of rolled sheet coated with Al-Zn by TU 14-11-247-88 (designation AZ);

– sheets of rolled sheet coated with aluminum, and Al-Si coated rolled by TU 14-11-236-88 (designation Al, Al-Si);

– sheets of rolled sheet with galvanized zinc coating by TU 14-1-4695-88 (designation GZC);

3 In the presence of protective and decorative paint coating; with and without paint/varnish coating by the GOST 30246 (designation of paints and varnishes is specified).

Profiled sheets shall be made multiple by 250 mm in length (for F and FW sheets), multiple by 300 mm (for FW and W sheets). The Production of any length profiled sheets and of less than 3 and more than 12 m for deck is permitted by the manufacturer and the customer agreement [7].

The profiled decking can be used by itself and as special panels profiled sheets from (for example, the layered assembling structure provides of sequential profiled sheets installation, a vapor barrier and thermal insulation).

As roofing materials used profiled sheets up to 75 mm inclusive as a rule (a profiled sheets without additional materials). Profiled sheets more than 75 mm high use for production of multilayered panels.

The one slope truss with parallel chords and a triangular grate with additional racks was chosen for our researches (fig. 1) Rectangular section of elements of trusses is considered. We have selected the minimum size of span equal to 6 m, and trusses step of 2 m.

The rectangular cross-section girders also were chosen. The step of girders been set at 1 m and 2 m (two cases).

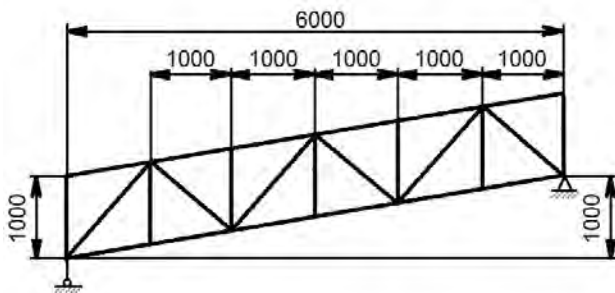


Fig. 1. The diagram of trusses structure

Today for carrying out this sort of researches possibly application of the following packages of system of the automated design: Compas 3D V12, Mathcad, ANSYS 10.0 (Workbench module), Solid Works and APM WinMachine 2008.

In this work the Compass program 3D V12 for creation of a three-dimensional carcass of a design and profiled sheets is used, and APM WinMachine 2008 the Structure 3D module, is applied to calculation by method of final elements of roofs carcass (excluding profiled flooring). As a standard the data obtained at calculation of a flat truss by a matrix method in the environment of Mathcad are used. The main calculation of a carcass with a profiled flooring is carried out in the environment of ANSYS 10.0 – Workbench. Compared to other mathematical packages the advantage of Workbench is less resource consumption.

In figure 2 the chosen scheme of a trusses which has rectangular the cross section of cores is represented.

In designation of profiled sheets leaf thickness is specified. In parentheses indicate the extreme load on girders.

The snow loads and own weight of a flooring for calculation in the environment of APM WinMachine is put twice more than is specified in table 1 as the step of runs increased twice. Similarly perform the calculation roof depending on number of profiled sheets.

One of the results of carcass calculation's in the environment of APM WinMachine shown in Figures 3 and 4, and among Workbench – Figures 5 and 6.

Stress Distribution in the carcass allows us to investigate only the point, which is in the middle of the lower trusses chord. It is possible because the calculation in the Workbench environment and APM WinMachine give a similar picture of the distribution of stresses [8].

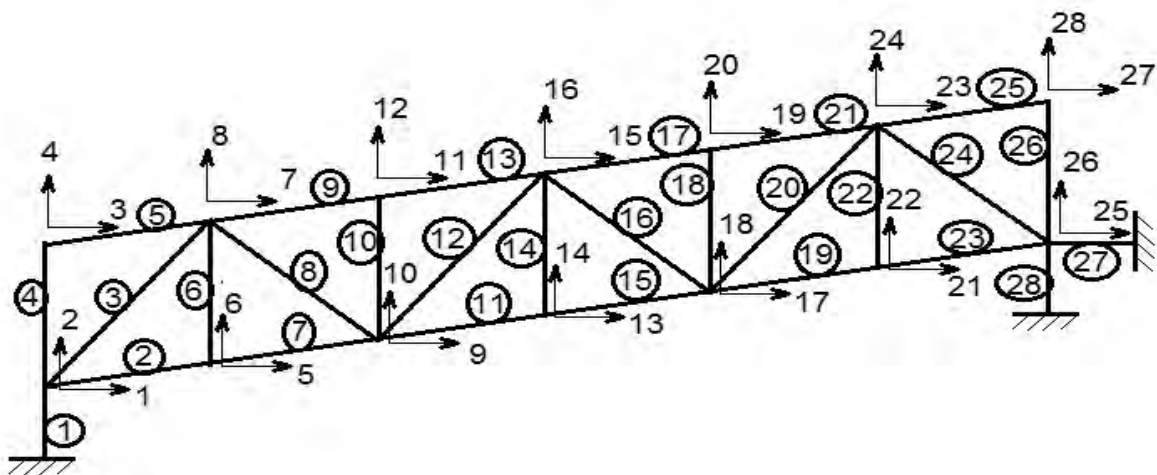


Fig. 2. Diagram of a truss: 1–28 – numbers of coordinate axes 1–28 (are led round) – numbers of rods

Table 1. The load on the carcass

Type of load	The value of load	The given loadings for mathematical packages	
		APM WinMachine, N/mm	Workbench, Pa
Snow	0.0018 N/mmI	—	—
Weight of trusses	240.8 N	0.039456	1972.789
Densities of girders			
50x30x4	45.22 N/m	0.04522	1507.2
60x40x5,5	76.85 N/m	0.07685	1921.287
Specific weight of a profiled flooring + snow load			
FW 35 – 0.7	0.001874 N/mmI	1.89984 (0.94992)	2758.87
FW 44 – 0.7	0.001883 N/mmI	1.90897 (0.95448)	2216.56
F 57 – 0.6	0.001875 N/mmI	1.90086 (0.95043)	2659.87
F 57 – 0.7	0.001887 N/mmI	1.91302 (0.95651)	2676.775
F 57 – 0.8	0.001898 N/mmI	1.92417 (0.962087)	2692.255
F 75 – 0.7	0.001898 N/mmI	1.92417 (0.962087)	2601.285

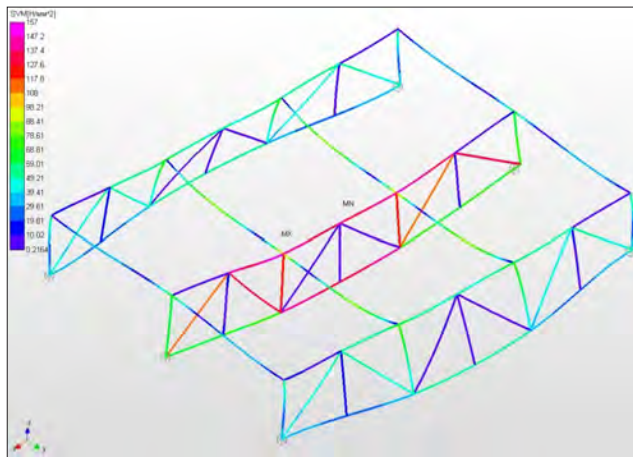


Fig. 3. The Results of carcass calculation's in APM WinMachine (equivalent tension)

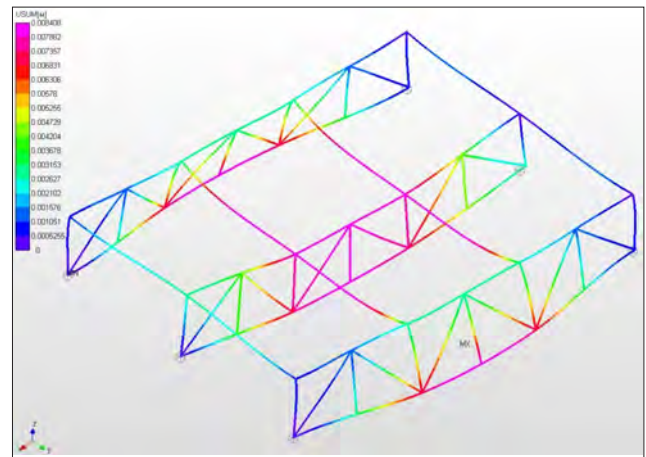


Fig. 4. The Results of carcass calculation's in APM WinMachine (total displacement)

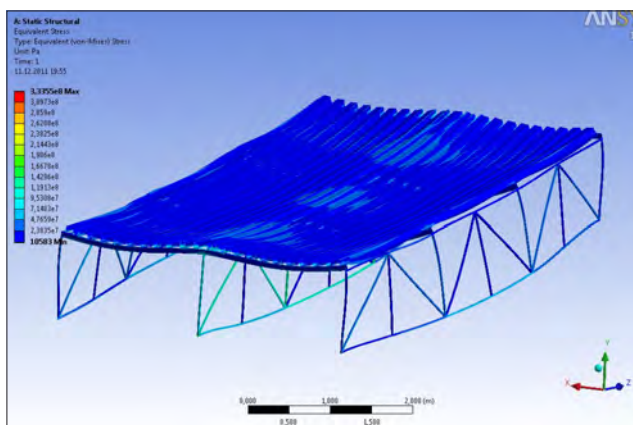


Fig. 5. Calculation of a roof in Workbench (equivalent stress)

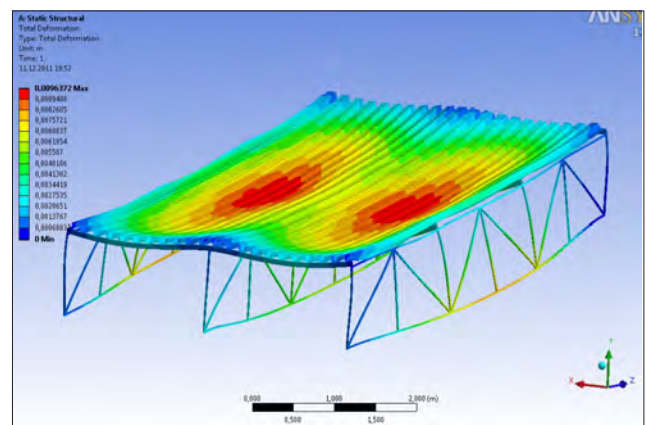


Fig. 6. The roof calculation's in Workbench (displacement)

Table 2. The calculation results in software packages of APM WinMachine and Workbench

№1 flooring thickness	The calculation results in APM WinMachine		The calculation results in Workbench		The percent of decrease in the characteristic, %	
	The stresses, MPa	ε , mm	The stresses, MPa	ε , mm	The stresses	ε
FW35–0.7	132	8.045	118.5	5.746	10.23	28.58
FW 44–0.7	133	8.082	117.74	5.742	11.47	28.95
F57–0.6	132.5	8.05	117.89	5.8	11.03	27.95
F7–0.7	133.3	8.1	117.61	5.75	11.77	29.01
F57–0.8	134	8.145	117.5	5.72	12.31	29.77
F75–0.7	134	8.145	116.18	5.72	13.3	29.77

ε – Deformation of the central trusses in the middle of the lower belt

The calculation results by means of these mathematical packages given in table 2.

At calculation of decrease, percent in the characteristic the data obtained in the environment of APM WinMachine were accepted to 100%.

Conclusion. So, the use of modern mathematical packages: APM WinMachine, SolidWorks, ANSYS allows to consider influence of a profiled leaf rigidity on the overall work of the roof. During the calculation, the following results were obtained:

1. The profiled flooring increases rigidity of a roof, reducing a trusses deflection (by 20–30%).

2. The profiled flooring changes a picture of stresses distribution in the trusses elements.

3. By taking into account of profiled flooring rigidity there is an opportunity to reduce metal consumption of overlapping designs of industrial buildings

4. Studies need to be conducted for each case of profiled decking (depending on the parameters roof – type of trusses, step of trusses, span values etc.).

5. The calculation of roofing structures should be considering building carcass as a whole rather than the individual trusses.

Bibliography

1. Болотов М.Г. Аналітичний огляд основних причин та наслідки аварій будівель та споруд, що сталися на території України за останні п'ять років. *Вісник ЧНТУ*. 2013. № 4. С. 197–204.
2. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції. Львів : Світ, 2002. 312 с.
3. Болотов Г.П., Олексієнко С.В., Болотов М.Г. Ручне дугове зварювання будівельних сталей малоамперною дугою модульованим струмом. *Технічні науки та технології*. 2015. № 1 (1). С. 48–53.
4. Гринь И.М. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов: проектирование и расчёт. Киев : Вища шк., 1975. 297 с.
5. Болотов М.Г. Оцінка несучої здатності зварних з'єднань арматури залізобетону / Болотов М.Г., Болотов Г.П., Ганєєв Т.Р., Корзаченко М.М. *Вісник ЧНТУ*. Серія: Технічні науки та технології. 2017. № 1(7). С. 58–67.
6. Горев В.В., Уваров Б.Ю., Филиппов В.В. и др. Металлические конструкции. Конструкции зданий (том 2). Учебник для строительных вузов. В трех томах. Изд. 2-е. исправ. Москва : Высш. шк., 2002. 528 с.
7. Евдокимцев О.В., Умнова О.В. Проектирование и расчет стальных балочных клеток. Тамбовский государственный технический университет. Тамбов : ТГТУ, 2005. 136 с.
8. Еропов Л.А. Крытия и кровли гражданских и промышленных зданий. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : АСВ, 2004. – 247 с.

References

1. Bolotov M.G. Analitichniy oglyad osnovnih prichin ta naslidki avariiv budivel ta sporud, scho stalisya na teritoriyi Ukraini za ostanni p'yat rokiv. [Analytical review of the main causes and consequences of accidents of buildings and structures that occurred in Ukraine over the last five years] / *Visnik ChNTU*. – 2013. - #4.- S. 197-204 .
2. Klimenko F.E., Barabash, V.N., Storozhenko L.I. Metalevi konstrukcii. [Metal structures] - 2nd ed., Straighten. add. - Lviv: Svit, 2002. - 312 p.
3. Bolotov G.P., Oleksienko S.V., Bolotov M.G. (2015) Ruchne dugove zvaryuvannya budivelnih staley maloampernoju dugoyu modulovanim strumom [Hand arc welding builds steels by littleampere arc with modulation of current]. / G. P. Bolotov // *Tekhnichni nauki ta tehnologiyi*, no.1 (1). – pp. 48-53.

4. Grin' I.M. Stroitel'nye konstrukcii iz dereva i sinteticheskikh materialov: proektirovanie i raschyot [*Building constructions made of wood and synthetic materials: design and calculation*] / I.M. Grin' - Kiev: Vishcha shk, 1975 - 297 s.
5. Bolotov M.G. OtsInka nesuchoYi zdatnostI zvarnih z'Ednan armaturi zalIzobetonu.[*Assessment of the bearing capacity of welded joints of reinforced concrete reinforcement.*] / Bolotov M.G., Bolotov G.P., GanEEv T.R., Korzachenko M.M. // VIsnik ChNTU. SerIya TehnIchnI nauki ta tehnologIYi. #1(7), 2017. S. 58-67.
6. Gorev V.V., Uvarov B.YU., Filippov V.V. i dr. Metallicheskie konstrukcii. Konstrukcii zdaniy (tom 2) Uchebnik dlya stroitel'nyh vuzov. [*Metal structures*]. V trekh tomah. Izd. 2-e. isprav., M.: Vyssh. shk. , 2002g. -528s.
7. Evdokimcev O.V., Umnova O.V. Proektirovanie i raschet stal'nyh balochnyh kletok. [*Design and calculation of steel beam cells*] Tambovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. Tambov: TGTU, 2005g. -136s.
- Eropov L.A. Pokrytiya i krovli grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniy. [*Coatings and roofs of civil and industrial buildings*]. 2-e izd., pererab. i dop. – M.: ASV, 2004. – 247 s.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОФІЛЬОВАНОГО НАСТИЛУ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ПОКРІВЛІ

Анотація. На теперішній час покрівля - одна з найважливіших особливостей будинку. Вона контролює температуру, додає архітектурної привабливості та захищає від різного роду стихійних лих. Залежно від того, який тип покрівельного матеріалу ви обрали для своєї конструкції, можливо використовувати черепицю, шифер, сланцеві покрівлі або металевий покрівельний настил та, авжеж, утеплення даху. Основною перевагою металевих панелей даху та гофрованого покрівельного покриття є те, що вони володіють набагато довший термін експлуатації. Вони, також, володіють хорошими вогнестійкістю і добре відбивають тепло. Більш того, металеві покрівельні листи досить швидко і легко монтуються. Тим не менш, металеве покрівельне покриття має кілька мінусів, в основному пов'язаних із величезною вагою такої конструкції та значним споживанням металу, не кажучи вже про їх ціну.

У зв'язку з цим, дана стаття присвячена розгляду актуальної проблеми, головним чином, пов'язаної із пошуком шляхів зниження витрати металу в процесах покрівельного виробництва шляхом моделювання різних конструкцій перекриттів промислових будівель з урахуванням жорсткості профнастилу з використанням сучасних математичних пакетів: APM WinMachine, SolidWorks і ANSYS.

Основні результати цього дослідження можна підсумувати наступним чином: профільований настил підвищує жорсткість покрівлі, зменшуючи прогин ферми (на 20-30%); профільований настил, також, кардинально змінює картину розподілу внутрішніх напружень в елементах ферми. Враховуючи жорсткість профнастилу, існує можливість зменшити споживання металу перекриття конструкцій промислових будівель. Необхідно проводити дослідження для кожного випадку профнастилу (залежно від параметрів даху - тип ферми, крок ферми, значення прольоту тощо). Розрахунок покрівельних конструкцій повинен враховувати будівництво каркасу в цілому, а не окремих ферм.

Ключові слова: металоконструкція, перекриття, профнастил, ферма, витрата металу.

Прибисько І.О.

к.т.н., доцент кафедри технологій зварювання і будівництва,
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

Болотов М.Г.

к.т.н., доцент кафедри технологій зварювання і будівництва,
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

Руденко М.М.

старший викладач кафедри технологій зварювання і будівництва,
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

УДК 621.31

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.10>**Савченко Н.П.**

к.т.н., доцент кафедри машинобудування,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
м. Краматорськ, Донецька область

Трет'як А.В.

к.т.н., доцент кафедри машинобудування,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
м. Краматорськ, Донецька область

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ З ГІБРИДНОЮ СИСТЕМОЮ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОМУ КЕРУВАННІ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТА СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Анотація. У сучасному світі гостро стоїть питання розвитку енергозберігаючих технологій як загалом, так і у сфері будівництва. Тому досить обґрунтованим є використання нетрадиційних джерел енергії в системах електропостачання будівель. Але такі системи не завжди стабільні та залежать від погодних умов та місця розташування. У зв'язку з цим найкращим рішенням є застосування гібридних систем електропостачання з метою підвищення енергоефективності будівель, як новобудов, так і реконструйованих, за умови незмінного зростання рівня комфортності і, як наслідок, рівня енергоспоживання. Також важливим питанням для забезпечення енергоефективності є організація гібридних систем електропостачання будівель, а саме: по-перше, доцільність та енергоефективність складників такої системи, по-друге, забезпечення ефективного алгоритму керування за допомогою інтелектуальних систем. Рішенням оптимального складу гібридних систем електропостачання будівель є наявність таких складників, як традиційне джерело енергії, а саме: міська електрична мережа, нетрадиційне джерело енергії, система накопичення та зберігання електричної енергії і система керування генерацією та споживанням електроенергії. Для підвищення енергоефективності гібридної системи електропостачання більша частина споживаної енергії має використовуватися від встановленого альтернативного джерела енергії. Надлишки енергії, отриманої від альтернативного джерела енергії, мають накопичуватися в екологічно чистих системах зберігання енергії, побудованих на механічних накопичувачах. Ефективне керування гібридною системою електропостачання будівлі може бути досягнене методом зонування будівлі, управління опаленням, кондиціонуванням та освітленням залежно від присутності людей у приміщеннях. Широке впровадження гібридних систем електропостачання будівель має ґрунтуватися, насамперед, на привабливості для споживачів, яка полягає у підвищенні енергоефективності будівлі, збільшенні незалежності від режимів роботи розподільчих електричних мереж, підвищенні якості та надійності електропостачання, зменшенні витрат на закупівлю електроенергії та теплоносіїв. Також розвиток та оптимізація гібридних систем електропостачання будівель з інтелектуальним керуванням призведе до зниження навантаження на міські електричні мережі низької напруги 0,4 кВ та підвищення надійності їх роботи за рахунок зменшення аварійних ситуацій.

Ключові слова: електрична мережа, гібридна система електропостачання, система накопичення електроенергії, відновлювальне джерело енергії (ВДЕ), фотоелектрична система (ФЕС), система керування.

Постановка проблеми. Постійне збільшення кількості нових об'єктів будівництва та реконструкції вже збудованих призводить до виникнення проблеми забезпечення

їх електричною енергією необхідної потужності та тепловою енергією. Електричні мережі міст здебільшого є зношеними, такими, що не завжди витримують навантаження,

а підключення нових потужностей новобудов є або технічно неможливим, або потребує досить великих інвестиційних вкладень. Також згідно із Законом України «Про енергетичну ефективність будівель» у процесі нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту необхідно дотримуватись зменшення споживання енергії в будівлях [1]. Тому логічним рішенням цієї проблеми є збільшення частки автономних систем, де це можливо, але здебільшого запровадження гібридних систем електропостачання з джерелами відновлювальної енергії та технологією інтелектуального керування генерацією та споживанням. При цьому велику вагу має рішення питання оптимального складу гібридної системи електропостачання та екологічності компонентів виробництва та зберігання електроенергії.

Таким чином, підвищення енергоефективності будівель є необхідністю, яка диктується часом та законодавчою базою України.

Аналіз останніх досліджень. Проблема підвищення енергоефективності будівель із гібридними системами електропостачання є досить актуальною та досліджується в багатьох наукових працях [2–6]. Але питання оптимальності складників гібридних систем електропостачання потребують подальших

досліджень з аналізом їх ефективності та екологічності.

Мета роботи. Метою статті є аналіз енергоефективності та економічної ефективності запропонованої гібридної системи електропостачання будівлі та розробка алгоритму керування системою.

Результати досліджень. Створення гібридних систем електропостачання будівель як єдиного механізму підвищення енергоефективності є однією з основних задач сучасного будівництва.

Підвищення енергоефективності гібридних систем електропостачання залежить від оптимізації режимів роботи усіх складників. Проведення порівняльного аналізу гібридних систем електропостачання будівель дало змогу зробити висновок, що схема з фотоелектричними перетворювачами енергії є найбільш оптимальною та енергоефективною. З урахуванням питань екологічності була розроблена блок-схема гібридної системи електропостачання будівлі з інтелектуальним керуванням, яка наведена на рис. 1. Основними компонентами розробленої схеми є:

- 1) фотоелектрична станція (ФЕС), яка складається з фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) та гібридного інвертора;
- 2) кінетичний енергонакопичувач (КЕН);

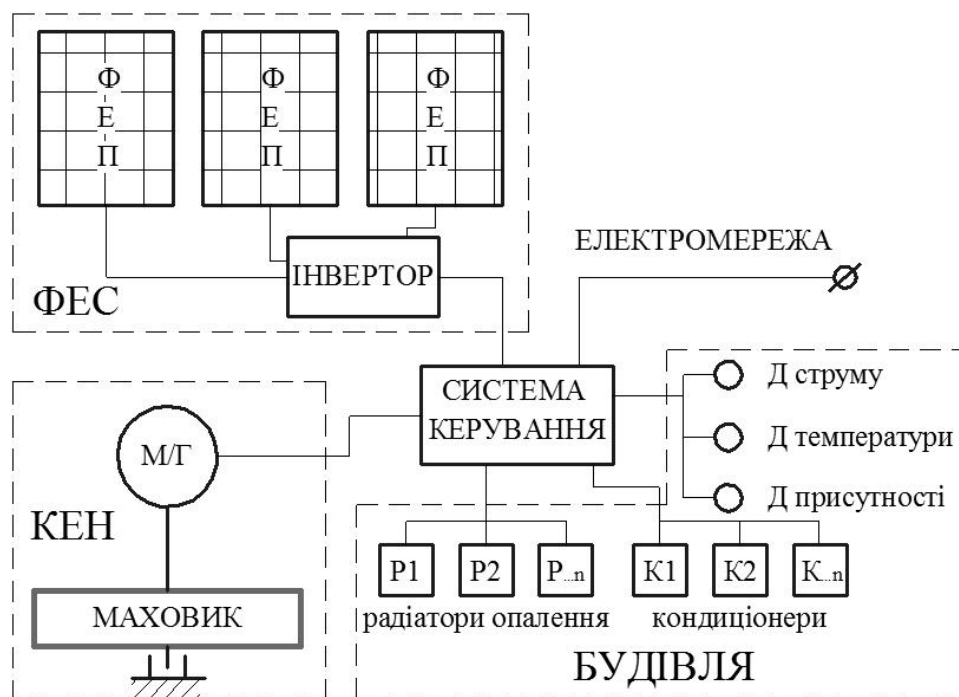


Рис. 1. Блок-схема гібридної системи електропостачання будівлі з інтелектуальним керуванням

3) система контролю, яка складається з датчиків струму, температури та присутності;

4) система керування, яка має у своєму складі інтелектуальний контролер задля керування енергопотоками.

Розробка алгоритму ефективного управління робочими режимами гібридної системи електропостачання будівлі базується на виборі схемної конфігурації системи. Маємо три такі конфігурації [6]:

1) роздільна робота електромережі і ФЕС із накопичувачем електроенергії (рис. 2, а);

2) робота ФЕС паралельно з електромережою (рис. 2, б);

3) гібридний варіант, що передбачає можливість реалізації роздільної та спільної роботи ФЕС і електромережі (рис. 2, в).

Проведений аналіз схемної конфігурації вказує, що схема, наведена на рис. 2, в, є привабливішою у плані енергоефективності, тому що практично повністю забезпечує споживача електроенергією з ВДЕ.

Таким чином, згідно з вибраною схемною конфігурацією, робота гібридної системи електропостачання, наведеної на рис. 1, полягає в такому: користувач задає необхідні налаштування в системі керування, яка представляє собою програмований логічний контролер із набором необхідних у кожному окремому випадку інтерфейсів. До параметрів налаштувань входить необхідна тем-

пература у будівлі, її окремих приміщеннях, можливо окремих ділянках досить великих кімнат. Також можливе керування освітленням, якщо потужність освітлення суттєво впливає на енергоспоживання будівлі (для великих будівель).

Під час роботи система опитує наявні датчики та за заданим алгоритмом вмикає/вимикає або регулює радіатори опалення, систему кондиціонування, вентиляції. Наприклад, задана температура у приміщенні $+18^{\circ}\text{C}$, без присутності людей і $+22^{\circ}\text{C}$ за наявності, система відповідним чином відрегулює опалення чи кондиціонування. У разі необхідності підігріву/охолодження частини великої кімнати система, отримавши з датчиків присутності розташування людей у кімнаті, підігріє ті радіатори, які розташовані ближче до людей.

У разі обмеження на навантаження міської електромережі система, отримавши дані з датчику струму, встановленого на введенні напруги в будівлю, скорегує системи будівлі належним чином (зменшивши потужність відключенням, регулюванням або переключенням на накопичувач).

У теплу пору року можливе керування кондиціонуванням та вентиляцією.

Енергію для опалення/кондиціонування система використовує переважно від встановленого на будівлі ВДЕ, коли її не вистачає, то додає з міської електромережі. У разі

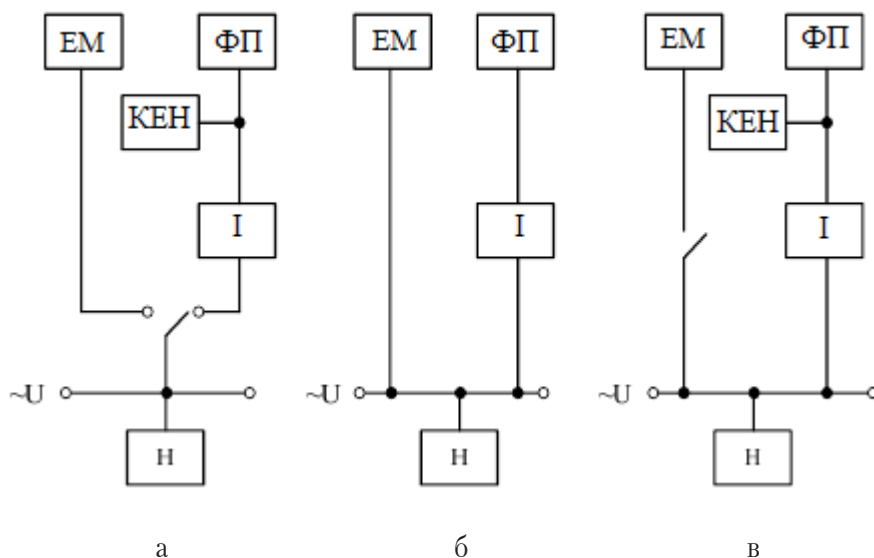


Рис. 2. Схемна конфігурація гібридної системи електропостачання:

ФП – фотоелектричні панелі, ЕМ – електромережа, КЕН – кінетичний енергонакопичувач, Н – навантаження, U – шина змінного струму, І – інвертор

надлишку запасає її в кінетичному накопичувачі.

Для опалення за такої системи економічно доцільно використовувати керамічні нагрівальні панелі або теплові насоси. Адже ці системи добре піддаються керуванню, досить швидко змінюють температуру в заданій секції будівлі та енергоефективні.

Алгоритм функціонування гібридної системи електропостачання з гібридним інвертором може бути описаний за допомогою функцій алгебри логіки. При цьому необхідно розділяти системи генерації та споживання.

Для системи генерації як незалежні змінні можна вибрати такі величини [6]:

1) потужність генерації фотоелектростанції. Дискретне значення $X1 = 1$ відповідає перевищенню потужності ФЕС над поточним електроспоживанням навантаження. $X1 = 0$ відповідає нестачі фотоелектричної генерації;

2) стан кінетичного енергонакопичувача: $X2 = 1$, якщо він заряджений, $X2 = 0$, якщо розряджений нижче встановленого рівня.

Керуючі впливи здійснюються за допомогою логічних функцій [6]:

$U1 = 1$, $U1 = 0$ включає або відключає батарейний режим роботи гібридного інвертора;

$U2 = 1$, $U2 = 0$ включає або відключає мережевий режим роботи інвертора ФЕС;

$U3 = 1$, $U3 = 0$ включає або відключає електромережу;

$U4 = 1$, $U4 = 0$ включає КЕН на заряд або розряд.

Логіка функціонування гібридної системи електропостачання в залежності від зміни незалежних змінних наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

X1	X2	Y1	Y2	Y3	Y4
0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	1

Сформований алгоритм у вигляді функцій алгебри логіки [6]:

$$U1 = X1 \& \bar{X}2 \vee X1 \& X2 = X1, \quad (1)$$

$$U2 = \bar{X}1 \& \bar{X}2 \vee \bar{X}1 \& X2 = \bar{X}1, \quad (2)$$

$$U3 = \bar{X}1 \& \bar{X}2, \quad (3)$$

$$U4 = \bar{X}1 \& \bar{X}2 \vee X1 \& \bar{X}2 \vee X1 \& X2 = X1 \vee \bar{X}2, \quad (4)$$

Для системи споживання як незалежні змінні можна вибрати такі величини:

1) вимірювання датчиком температури – $X3$. Дискретне значення $X3 = 1$ відповідає температурі в межах норми, $X3 = 0$ температура нижче норми;

2) вимірювання датчиком присутності: $X4 = 1$, якщо у приміщенні присутні люди, $X4 = 0$ за відсутності людей.

Керуючі впливи здійснюються за допомогою логічних функцій:

$U5 = 1$, $U5 = 0$ включає або відключає роботу радіаторів опалення;

$U6 = 1$, $U6 = 0$ включає або відключає роботу системи освітлення;

$U7 = 1$, $U7 = 0$ включає або відключає систему вентиляції.

Логіка функціонування гібридної системи електропостачання в залежності від зміни незалежних змінних наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

X3	X4	Y5	Y6	Y7
0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	1	0	1	1

Сформований алгоритм у вигляді функцій алгебри логіки:

$$U5 = \bar{X}3 \& X4, \quad (5)$$

$$U6 = \bar{X}3 \& X4 \vee X3 \& X4 = X4, \quad (6)$$

$$U7 = X3 \& X4. \quad (7)$$

Економічна ефективність гібридних систем електропостачання будівель може бути визначена за такими критеріями:

1) наведені річні витрати на 1 кВт встановленої потужності ФЕС і вартість 1кВт год електроенергії визначаються за таким виразом [6]:

$$B = (P_n K + C) / P, \quad (8)$$

де P – встановлена потужність об'єкта електропостачання (кВт);

K – загальні капіталовкладення (грн.);

P_n – нормативний коефіцієнт рентабельності,

C – загальнорічні експлуатаційні витрати;

2) показник ефективності створення інтелектуальної гібридної енергосистеми визначається за формулою [3]:

$$E = \frac{C - C_{\text{гіб}}}{C_{\text{обл}}}, \quad (9)$$

де C – витрати на електроенергію без застосування інтелектуальної гібридної енергетичної системи;

$C_{\text{гіб}}$ – витрати на електроенергію із застосуванням інтелектуальної гібридної енергетичної системи;

$C_{\text{обл}}$ – витрати на придбання обладнання системи.

Аналіз запропонованої гібридної системи електропостачання з інтелектуальною системою керування вказує на її енергоефективність з огляду на поліпшені технічні характеристики вибраного обладнання, яке до того ж відрізняється екологічністю, надійністю та довговічністю.

Висновки. У статті виконаний аналіз енергоефективності запропонованої гібридної енергосистеми будівлі з джерелами відновлюваної енергії та системою керування генерацією та споживанням. В результаті аналізу гібридної енергосистеми виявлена її оптимальна конфігурація і розроблений ефективний алгоритм керування, що призведе до підвищення енергоефективності будівель та вирішить питання організації інженерних мереж. Також у результаті практичного застосування запропонованої гібридної системи електропостачання можуть бути скорочені витрати на електроенергію та зменшено навантаження на електричні мережі низької напруги.

Література

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. Щербakov М.В., Набиуллин А.С., Камаев В.А. Мультиагентная система моделирования производства и потребления электроэнергии в гибридных энергетических системах. *Инженерный вестник Дона*. 2012. Вып. 2(20). С. 217–221.
3. Май Н.Т., Ха В.М., Камаев В.А., Щербakov М.В. Моделирование и оптимизация управления интеллектуальной гибридной энергосистемой с источниками возобновляемой энергии. *Управление большими системами*. 2013. Вып. 46. С. 293–309.
4. Бубенчиков А.А., Бубенчикова Т.В., Погорелов А.А., Гаиров И.А., Манакowa Е.А., Захаров А.А. «УМНЫЕ» системы энергообеспечения. Научно-технические основы развития промышленности, энергетики, сельского хозяйства и повышение конкурентоспособности отраслей. *Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции*. Москва. 2018. С. 94–100.
5. Тюхов И.И., Беренгартен М.Г., Вариводов В.Н., Симакин В.В. Особенности формирования интеллектуальных сетей гибридных комплексов энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. *Возобновляемая энергетика: Проблемы и перспективы* : II Международная конференция. Махачкала, 2010. С. 238–245.
6. Лукутин Б.В. Интеллектуальные системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями : учебное пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. 115 с.

References

1. Zakon Ukraini «Pro yenergetichnu yefektivnist budnvel». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. Shcherbakov M.V., Nabiullin A.S., Kamayev V.A. Multiagentnaya sistema modelirovaniya proizvodstva i potrebleniya elektroenergii v gibridnykh energeticheskikh sistemakh. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2012. Vyp. 2(20). Pp. 217–221.
3. May N.T., Kha V.M., Kamayev V.A., Shcherbakov M.V. Modelirovaniye i optimizatsiya upravleniya intellektualnoy gibridnoy energosistemoy s istochnikami vozobnovlyayemoy energii. *Upravleniye bolshimi sistemami*. 2013. Vyp. 46. Pp. 293–309.
4. Bubenchikov A.A., Bubenchikova T.V., Pogorelov A.A., Gaibov I.A., Manakova Ye.A., Zakharov A.A. «UMNYE» sistemy energoobespecheniya. Nauchno-tekhnicheskiye osnovy razvitiya promyshlennosti, energetiki, selskogo khozyaystva i povysheniye konkurentosposobnosti otrasley. *Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Moskva, 2018. Pp. 94–100.
5. Tyukhov I.I., Berengarten M.G., Varivodov V.N., Simakin V.V. Osobennosti formirovaniya intellektualnykh setey gibridnykh kompleksov energosnabzheniya s ispolzovaniyem vozobnovlyayemykh istochnikov energii. *Vozobnovlyayemaya energetika: Problemy i perspektivy* : II Mezhdunarodnaya konferentsiya. Makhachkala. 2010. Pp. 238–245.
6. Lukutin B.V. Intellektualnyye sistemy elektrosnabzheniya s vetrovymi i solnechnymi elektrostantsiyami : uchebnoye posobiye. Tomsk : Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2019. 115 p.

ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF A BUILDING WITH A HYBRID ELECTRICAL SYSTEM IN INTELLECTUAL CONTROL OF GENERATION AND CONSUMPTION OF ELECTRICITY

Abstract. *In today's world, the question of the development of energy-saving technologies, both in general and in the field of construction, is urgent. Therefore, it is quite reasonable to use non-traditional energy sources in the power supply systems of buildings. But such systems are not always stable and depend on weather conditions and location. In this regard, the best solution is to use hybrid power systems to improve the energy efficiency of buildings, both new and refurbished, provided that the level of comfort and, consequently, the level of energy consumption remains constant. Also important for ensuring energy efficiency is the organization of hybrid power systems for buildings, namely, first, the feasibility and energy efficiency of components of such a system, and second, the provision of an efficient control algorithm using intelligent systems. The solution to the optimal composition of hybrid power supply systems for buildings is to have such components as a traditional energy source, namely urban electricity grid, non-traditional energy source, electricity storage and storage system, and power generation and consumption management system. To increase the energy efficiency of a hybrid power system, most of the energy consumed must be used from an installed alternative energy source. Excess energy from alternative energy sources should be stored in environmentally friendly energy storage systems built on mechanical storage. Effective management of a hybrid building supply system can be achieved by building zoning, heating, air conditioning and lighting, depending on the presence of people on the premises. The widespread adoption of hybrid building supply systems should be based primarily on consumer attractiveness, which is to improve the energy efficiency of the building, to increase its independence from the modes of distribution grids, to improve the quality and reliability of electricity, and to reduce the cost of energy. Also, the development and optimization of hybrid power supply systems for buildings with intelligent control will reduce the load on urban low-voltage electricity grids of 0.4kV and increase their reliability by reducing emergencies.*

Key words: *electric grid, hybrid power supply system, electricity storage system, renewable energy source (RES), photoelectric system (FES), control system.*

Savchenko N.P.

Ph.D. (Tech.), Associate Professor at the Mechanical Engineering Department,
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Donetsk region

Tretiak A.V.

Ph.D. (Tech.), Associate Professor at the Mechanical Engineering Department,
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Donetsk region

УДК 691.32

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.11>**Шишкін О.О.**

д.т.н., професор,

завідувач кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область

Шишкіна О.О.

к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область

УПРАВЛІННЯ МІЦНІСТЮ БЕТОНУ МОДИФІКОВАНИМИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Анотація. У роботі на основі аналізу літературних даних визначена мета досліджень, яка полягає у встановленні впливу наномодифікаторів, а саме колоїдних поверхнево-активних речовин, модифікованих вищим спиртом, на величину міцності дрібнозернистого та реакційно-порошкового бетону і швидкість її формування. Основою досліджень стали відомі наукові положення, які ґрунтуються на тому, що хімічні процеси гідратації портландцементу забезпечують формування міцності бетону при стиску. У роботі було вивчено вплив колоїдних розчинів, які складаються із суміші поверхнево-активної речовини, яка може утворювати міцели, і модифікатора – вищого спирту. Особливістю досліджень, представлених у роботі, є вивчення одночасного впливу поверхнево-активних речовин, які утворюють міцели, та вищого спирту на зміну міцності дрібнозернистих та реакційно-порошкових бетонів. У процесі досліджень встановлено, що означені міцелотворюючі поверхнево-активні речовини та застосовані вищі спирти змінюють характер формування міцності бетонів, що призводить до збільшення її величини. Характер зміни міцності бетону під впливом застосованих поверхнево-активних речовин та вищих спиртів залежить від їх кількості в бетоні. Проведеними дослідженнями встановлено особливості впливу на міцність при стиску бетону модифікованої поверхнево-активної речовини, яка являє собою дисперсну систему «вищий спирт – міцелотворююча поверхнево-активна речовина», залежно від кількості вищого спирту і кількості міцелотворюючої поверхнево-активної речовини в бетоні. Завдяки каталізу механічна міцність бетону підвищується на 120–190% порівняно з бетоном, який не містить дисперсну систему «вищий спирт – міцелотворююча поверхнево-активна речовина». Доведено, що для управління процесами тужавіння цементу й формування міцності штучного каменя, який отримують у процесі гідратації цементу, можна використовувати каталітичний ефект, застосовуючи модифіковану вищим спиртом колоїдну поверхнево-активну речовину, тим самим підвищуючи абсолютну величину міцності при стиску бетонів, зокрема дрібнозернистих.

Ключові слова: бетон, поверхнево-активна речовина, вищий спирт, міцність, модифікація.

Постановка проблеми. Останні десятиліття XX ст. та початок XXI ст. ознаменувалися значними досягненнями в технології бетону. Відповідно до положень фізичної хімії, суміш цементу, мінерального меленого порошку, дрібного піску і води є суспензією. Тому бетон нового покоління можна назвати суспензійним. Крім того, такий бетон належить до наноструктурованих матеріалів.

Поліпшення властивостей бетонів, зокрема підвищення його міцності, нині проводиться

за трьома основними напрямками: модифікування структури цементного каменя [1–4]; каталіз реакцій, що протікають у системі «цемент – вода» [5; 6]; спрямоване регулювання мінералогічного складу цементу.

Найбільш перспективним способом поліпшення властивостей бетонів є застосування каталізу реакцій, які протікають у системі «цемент – вода».

З 60-х рр. минулого століття розробляються й апробуються різні методи впливу на

воду замішування для зміни її власної структури і властивостей. Такі види впливу можна умовно поділити на кілька груп: фізичне модифікування (безреагентне), хімічне модифікування (реагентне) і їх поєднання (комбінована дія). Необхідно зазначити, що в цьому випадку під фізичним і хімічним модифікуванням розуміється спрямоване регулювання параметрів цементних систем, що відбувається на стадії взаємодії цементу з водою. При цьому модифікована вода має більшу активність внаслідок зміни іонного складу, що впливає на величину рН, питому електричну провідність та інші параметри. Це дає змогу направлено впливати на процеси, що відбуваються в цементних системах.

До фізичної активації води зараховують такі види впливу: магнітна й електромагнітна обробка, механічна, термічна, акустична, плазмова, розрядно-імпульсна, електрохімічна та ін.

Загальними недоліками всіх фізичних методів є складність визначення кількісних параметрів, що характеризують ступінь активації водного середовища у виробничих умовах, необхідність додаткового оснащення технологічних ліній спеціальним обладнанням для активації води, переробки технологічних регламентів тощо.

Проведений аналіз використання хімічних модифікаторів (добавок) у будівництві показує, що найбільша питома вага належить пластифікаторам і суперпластифікаторам. Застосування останніх дає змогу знизити водопотребу бетонної суміші на 23–26% і скоротити витрату в'язучих, значно підвищити міцність бетону і застосовувати в процесі зведення бетонних і залізобетонних конструкцій литі бетонні суміші, які самоущільнюються і не розшаровуються. Негативною стороною використання добавок у бетонах є непередбачена сумісність їх із цementsами і суттєве підвищення вартості кінцевого продукту.

З розвитком нанотехнологій виникають нові можливості впливу на структуру і властивості води з'являється можливість цілеспрямованого управління процесом структуроутворення і властивостями цементних композитів, що представляють собою складну ієрархічну систему, яка включає й нанорівень.

Тому визначення надійного способу модифікації води замішування на цей час є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що в присутності пластифікатора процес гідратації мінералів портландцементного клінкеру дещо сповільнюється внаслідок стеричного ефекту, що виникає на поверхні цементних зерен у результаті адсорбції останніми молекул пластифікатора. Тонка плівка, що утворюється навколо частинок твердої фази, знижує тертя і перешкоджає взаємодії, внаслідок чого бетонна суміш набуває додаткової рухливості. Адсорбція молекул пластифікатора на поверхні новоутворень зменшує величину міжфазової енергії, що полегшує дезагрегацію частинок в'язучого – пептизацію [7]. Адсорбовані на поверхні цементних зерен молекули пластифікатора зв'язують і відводять іони кальцію [8], перешкоджаючи утворенню кристалів портландіту, який є найменш стабільною фазою бетону, що твердіє. Проте варто враховувати, що молекули пластифікатора, вбудовуючись у структуру цементного каменю, послаблюють його міцність, а при великих дозах збільшують пористість шляхом залучення повітря. Тому питання зниження кількості введеної в цементну суміш добавки набуває актуальності.

Застосовані на рідину енергетичні впливи викликають перебудову структури водневих зв'язків, змінюючи при цьому властивості самої рідини, такі як водневий показник, електропровідність, в'язкість [9; 10]. Використання активованої рідини для замішування бетону, своєю чергою, не може не вплинути на властивості як бетонної суміші, так і готового продукту. Введення в рідину замішування пластифікуючої добавки має сприяти виникненню синергічного ефекту.

Відомі дослідження з модифікації води замішування вуглецевими фуллероїдними наночастинками [11; 12]. Пропонований спосіб модифікування (активації) води замішування дає змогу підвищити міцність бетону.

Особливий інтерес становить ефект модифікації води замішування наномодифікаторами – мікроемульсійними системами, які включають колоїдні поверхнево-активні речовини, що утворюють міцели (МПАР) [5; 6], які мають вищу сольобілізуючу здатність [9].

Ефективність означених наномодифікаторів будується на гідрофобних взаємодіях, які виникають тільки у водних розчинах у результаті взаємодії полярних молекул води з неполярними гідрофобними частками (вуглеводнями) або неполярними радикалами

молекул, зокрема, неполярними радикалами поверхнево-активних речовин. Цьому сприяє специфічна структура води.

Численні експериментальні дані (зміна діелектричних властивостей розчинів, розширення лінії ЯМР, зниження коефіцієнта самодифузії) показують, що неполярні молекули стабілізують структуру води, тобто впорядковують її, внаслідок чого ентропія системи знижується.

Гідрофобні взаємодії визначаються як ван-дер-ваальсовими силами тяжіння самих неполярних груп, так і взаємодіями цих груп із водою, які пов'язані зі структурою води. Головним у теорії гідрофобних взаємодій є уявлення про те, що число водневих зв'язків, розраховане на моль води, збільшується навколо вуглеводневої молекули.

Доволі цікаві результати отримано в процесі застосування як наномодифікатора води замішування вищих спиртів [4; 10; 11].

Більший ефект досягається використанням сполучень двох або кількох поверхнево-активних речовин (ПАР), який надає змогу змінити або розширити якісні показники або характеристики композиції. Неадитивну зміну того чи іншого показника часто пов'язують із синергізмом або, навпаки, антагонізмом між молекулами ПАР, тобто посиленням або ослабленням різних фізико-хімічних властивостей розчинів ПАР порівняно з властивостями розчинів індивідуальних компонентів.

Прикладом синергізму, зумовленого наявністю взаємодії [12], може служити система «аніонна ПАР – вищий спирт – вода», широко використовувана в практиці. Добавки вищих жирних спиртів знижують критичну концентрацію міцелоутворення, поверхневий натяг, підвищують в'язкість адсорбційних шарів аніонних ПАР і, як наслідок, збільшують стабільність дисперсій. Причиною цього служить утворення водневого зв'язку між гідроксилом спирту і карбокси- або сульфогрупою аніонної ПАР, що може призвести до певних позитивних ефектів у технології бетону.

Мета роботи – підвищити міцність дрібнозернистого та реакційно-порошкового бетону для розширення галузі їх застосування в будівництві. Завдання – дослідити вплив наномодифікатора, а саме системи «аніонна ПАР – вищий спирт», на величину міцності бетону і швидкість її формування, визначити кількісні показники впливу означеного наномодифікатора на величину міцності бетону,

визначити оптимальні величини витрати наномодифікатора для отримання бетону максимальної міцності.

У дослідженнях для виготовлення бетону використовували портландцемент М 400 (ПАТ «Хайдельберг цемент Кривий Ріг»), дрібний заповнювач – відходи збагачення залізних руд Новокриворізького гірничо-збагачувального комплексу ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» (Україна), що мають максимальний розмір часток 0,63 мм. Як МПАР використовували олеат натрію (simagchem corp., Китай), як вищий спирт – пропандіол-1,2,3. Компоненти бетонної суміші дозовані в необхідних, згідно з планом експерименту, кількостях, перемішували в лабораторному змішувачі протягом 3 хв.

Отримана суміш укладалася в металеву форму-куб, який має розмір сторін 7 см. Форму, що містить бетонну суміш, жорстко закріплювали на лабораторній віброплощині і піддавали вібраційному впливу до повного ущільнення, яке характеризувалося припиненням осідання бетонної суміші і припиненням виділення бульбашок повітря. Після завершення укладання і ущільнення бетонної суміші у формі відкрити поверхню зразка заглажували кельмою.

Перші 24 години зразки бетону тверділи в нормальних умовах, після цього їх до розпалубки зберігали в формах, вкритих вологою тканиною. Це виключало випаровування з них вологи в приміщенні з температурою повітря (293 ± 5) К. Через 48 годин після виготовлення, зразки бетону виймали з форм та поміщали в камеру, яка забезпечувала поблизу їх поверхонь стандартні умови, тобто температуру (293 ± 3) К і відносну вологість повітря (95 ± 5)%. У камері зразки укладали на підкладки так, щоб відстань між ними, а також між зразками і стінками камери, була не менше 5 мм. Площа контакту зразка з підставками, на які він встановлений, не перевищувала 30% площі опорної грані зразка.

Основним показником якості досліджуваного бетону була прийнята його межа міцності при стиску. Визначення міцності зразків здійснювали за допомогою універсальної випробувальної машини УММ-100.

Результати досліджень. Проведені дослідження показали (рис. 1–3), що одночасне застосування МПАР і вищого спирту в складі дрібнозернистого бетону призводить до збільшення міцності останнього в будь-якому віці його твердіння (від 3 до 28 діб).

Варто зазначити, що в будь-якому віці введення до складу дрібнозернистого бетону певної кількості, як МПАР, так і вищого спирту, призводить до збільшення міцності бетону. Однак приріст міцності від введення МПАР у віці 3 діб значно більше, ніж у віці 28 діб. Але у всіх випадках найбільшу міцність має бетон, до складу якого введена суміш МПАР і вищого спирту. Що і підтверджує каталітичний характер дії МПАР і її модифікацію вищим спиртом.

Аналіз отриманих залежностей показав, що в кожному віці твердіння бетону є оптимальний вміст МПАР незалежно від кількості вищого спирту. В умовах експерименту в будь-якому віці незалежно від кількості вищого спирту оптимальну кількість МПАР, тобто носія наночастинок у бетоні, становить 0,00029% від маси цементу. Оптимального вмісту вищого спирту в порошковому бетоні

в умовах експерименту не встановлено. Так, у віці 3 діб максимальну міцність має бетон, що містить 0,005% вищого спирту від маси цементу, у віці 7 діб, цей вміст становить 0,01% від маси цементу, а в віці 28 діб – від 0,005% до 0,01% від маси цементу. Варто зазначити, що вищий спирт без застосування наночастинок – молекул МПАР, практично не впливає на міцність бетону у віці до 7 діб (рис. 2). Зі збільшенням віку бетону вплив вищого спирту стає більш значним і в пізньому віці (28 діб) сягає значної величини – збільшення міцності бетону досягає 27%. Водночас наявність у складі бетону наномодифікатору - МПАР призводить до значного зростання міцності бетону в ранньому віці до 7 діб, яке досягає 40%. У більш пізньому віці (28 діб) вплив МПАР на міцність бетону незначний (рис. 3) і її величину формують або вищий спирт, або суміш МПАР і вищого спирту. Цей

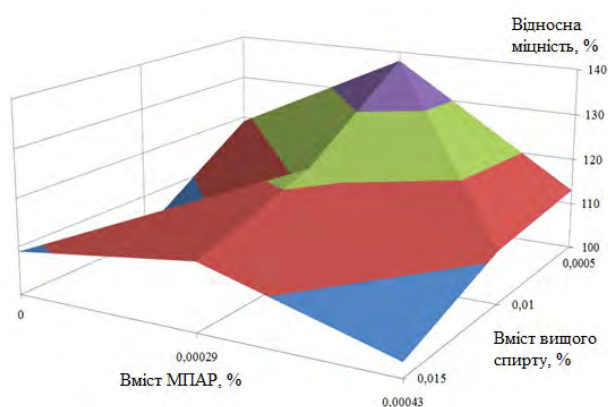


Рис. 1. Вплив суміші ПАР на міцність дрібнозернистого бетону у віці 3 діб

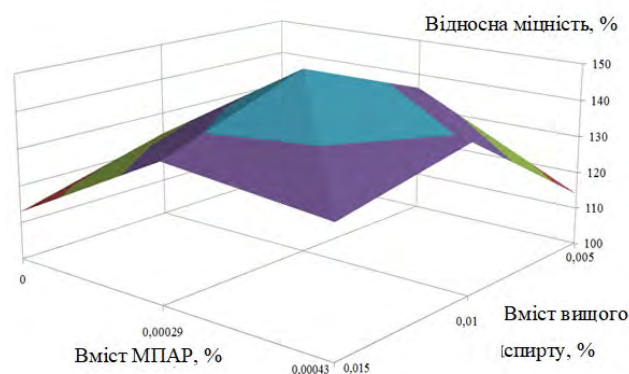


Рис. 2. Вплив суміші ПАР на міцність дрібнозернистого бетону у віці 7 діб

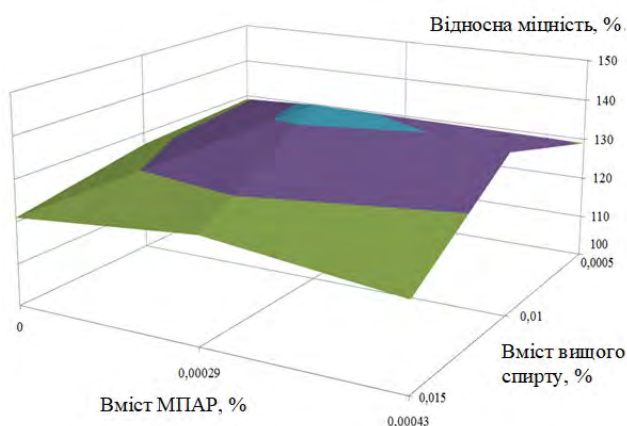


Рис. 3. Вплив суміші ПАР на міцність дрібнозернистого бетону у віці 28 діб

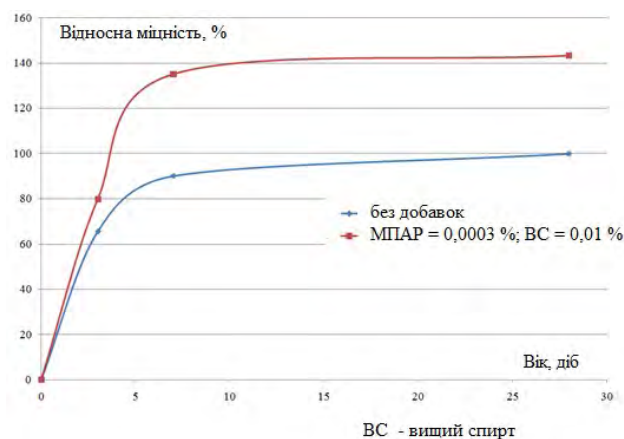


Рис. 4. Вплив суміші МПАР і вищого спирту на зміну міцності бетону в часі

факт підтверджує, що молекули МПАР виконують роль каталізатора фізико-хімічних процесів, що відбуваються в разі твердіння цементного каменю в бетоні, а їх сумарний із вищим спиртом вплив перевищує вплив кожного з названих компонентів.

Таким чином, на перших етапах твердіння бетону, тобто на початку формування його міцності, основний вплив здійснюють наночастинки – молекули МПАР, які виконують роль каталізатора, в подальшому дедалі більший вплив на формування міцності бетону здійснює вищий спирт.

Загальна зміна міцності дрібнозернистого бетону в часі (рис. 4) показує, що суміш нанокаталізатора (МПАР) і вищого спирту істотно прискорює формування міцності бетону особливо на ранніх стадіях цього процесу.

Далі було досліджено вплив суміші МПАР і вищого спирту на міцність порошкового бетону. У результаті експериментів було встановлено, що спостерігається збільшення міцності в разі введення в його склад МПАР і вищого спирту. Як показали результати експериментів, у будь-якому віці введення до складу порошкового бетону, як МПАР, так і вищого спирту, призводить до збільшення міцності бетону. Однак приріст міцності від введення суміші МПАР і вищого спирту у віці 7 діб значно більше, ніж у віці 28 діб (рис. 5, 6), що і підтверджує каталітичний характер дії МПАР і її модифікацію вищим спиртом.

В умовах експерименту незалежно від кількості вищого спирту в будь-якому віці є оптимальна кількість МПАР, тобто носія

наночастинок у бетоні, яка становить у ранньому віці (7 діб) 0,00046%, а у віці 28 діб – 0,00031% від маси цементу.

У ранньому віці спостерігається наявність оптимальної кількості вищого спирту, яка в умовах експерименту становить 0,01% від маси цементу. Оптимального вмісту вищого спирту без МПАР у порошковому бетоні у віці 28 діб в умовах експерименту не встановлено.

Варто зазначити, що вищий спирт без застосування наночастинок МПАР практично не впливає на міцність бетону, як в ранньому віці до 7 діб, так і зі збільшенням віку бетону.

Водночас наявність у складі бетону міцелярного нанокаталізатора – МПАР (але одночасно з вищим спиртом) призводить до значного збільшення міцності бетону в ранньому віці до 7 діб (рис. 5). При цьому приріст міцності досягає 80%. У більш пізньому віці (28 діб) вплив МПАР на міцність бетону незначний (рис. 6) і її формує суміш нанокаталізатора і вищого спирту.

Цей факт підтверджує, що молекули МПАР як наночастинки виконують роль каталізатора фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час твердіння цементного каменю в бетоні, а їх сумарний із вищим спиртом вплив перевищує вплив кожного з названих компонентів.

Загальна зміна міцності порошкового бетону в часі показує (рис. 7), що суміш міцелярного нанокаталізатора (МПАР) і вищого спирту істотно прискорює процеси формування міцності бетону особливо на ранніх стадіях цього процесу.

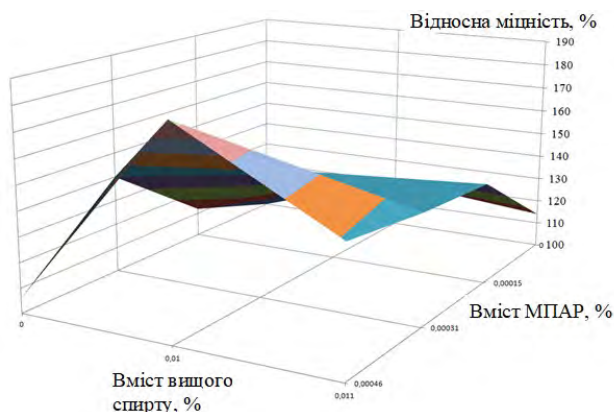


Рис. 5. Вплив суміші поверхнево-активних речовин на міцність бетону в віці 7 діб

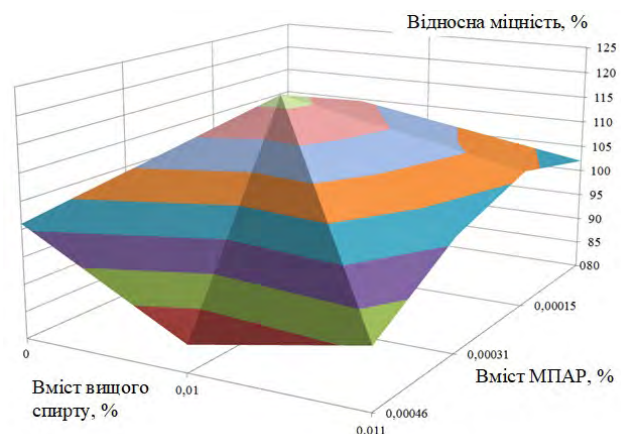


Рис. 6. Вплив суміші поверхнево-активних речовин на міцність бетону у віці 28 діб

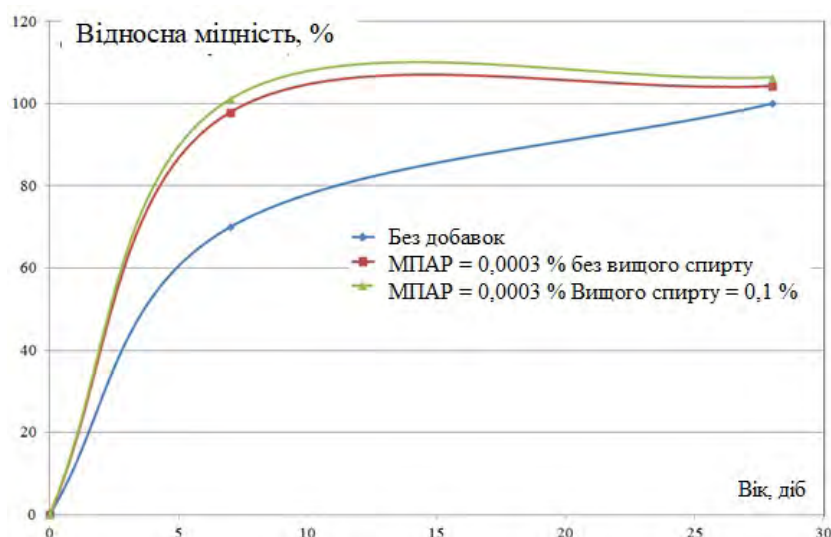


Рис. 7. Вплив суміші МПАР і вищого спирту на зміну міцності бетону в часі

Висновки. Встановлено, що вищий спирт модифікує міцели колоїдної ПАР - нанокаталізатора, який бере участь у формуванні міцності бетону.

У результаті дослідів встановлено характер впливу суміші колоїдної поверхнево-активної речовини, які утворюють міце-

ли, – нанокаталізаторів, і вищого спирту на формування міцності бетону. Доведено, що застосування одночасно поверхнево-активних речовин, які утворюють міцели, – нанокаталізаторів, і вищого спирту призводить до збільшення швидкості формування міцності бетону.

Література

1. Баженов Ю.М., Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Исследование наномодифицированного мелкозернистого бетона. Москва : Вестник МГСУ, 2010.
2. Chujie J., Wei S., Shi H., Guoping J. Front. Archit. Civ. Eng. 2009. 5-10
3. Шишкина А.А. Пористые реакционные порошковые бетоны. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 8. С. 128–135.
4. Shishkin A., Shishkina A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. № 633-634. Pp. 917–921.
5. Шишкина А.А., Шишкин А.А. Исследование влияния нанокатализа на формирование прочности реакционного порошкового бетона. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 1/6. С. 55–60.
6. Шишкина А.А. Исследование влияния поверхностно-активных веществ, образующих мицеллы, на прочность ячеистого реакционного порошкового бетона. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2/6. С. 66–70.
7. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. Москва, 1998. 768 с.
8. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Москва : коллоидная химия, 1978. 368 с.
9. Бессонова А.П., Стась И.Е. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики. *Ползуновский вестник*. 2008. № 3. С. 305–309.
10. Наберухин Ю.И. Структурные модели жидкости. Москва : Наука, 1981. 185 с.
11. Пухаренко Ю.В., Никитин В.А., Летенко Д.Г. Наноструктурирование воды затворения как способ повышения эффективности пластификаторов бетонных смесей. *Строительные материалы*. 2006. № 9. С. 11–13.
12. Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Староверов В.Д. Эффективность активации воды затворения углеродными наночастицами. *Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 1. С. 40–45.
13. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. Москва : 1982. 383 с.
14. Шишкина А.А. Пенобетоны повышенной прочности. *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка*. 2009. № 1(31). С. 38–41.

15. Флейшер Г.Ю., Токарчук В.В., Василькевич О.І., Свідерський В.А. Вплив спиртів як добавок-прискорювачів тверднення на властивості цементу. *Технологический аудит и резервы производства*. 2014. № 4/1(18). С. 32–36.
16. Буканова Е.Ф. Коллоидная химия ПАВ. Часть 1. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Москва, 2006. 80 с.

References

1. Bazhenov Yu.M., Lukutsova N.P., Matveeva E.G. Issledovanie nanomodifitsirovannogo melkozernistogo betona. M.: Vestnik MGSU, 2010.
2. Chujie J., Wei S., Shi H., Guoping J. Front. Archit. Civ. Eng. 2009. № 5-10.
3. Shishkina A.A. Poristye reaktionsnyie poroshkovye betonyi. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*. 2014. № 8. Pp. 128–135.
4. Shishkin A., Shishkina A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. № 633-634. Pp. 917–921.
5. Shishkina A.A., Shishkin A.A. Issledovanie vliyaniya nanokataliza na formirovanie prochnosti reaktionsnogo poroshkovogo betona. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*. 2016. № 1/6. Pp. 55–60.
6. Shishkina A.A. Issledovanie vliyaniya poverhnostno-aktivnykh veschestv, obrazuyuschikh mitsellyi, na prochnost yacheistogo reaktionsnogo poroshkovogo betona. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*. 2016. № 2/6. Pp. 66–70.
7. 2. Batrakov V.G. Modifitsirovannyye betonyi. Teoriya i praktika. 2-e izd., pererab. i dop. M., 1998. 768 p.
8. Rebinder P.A. Poverhnostnyie yavleniya v dispersnykh sistemakh. M. : kolloidnaya himiya, 1978. 368 s.
9. Bessonova A.P., Stas I.E. Vliyanie vyisokochastotnogo elektromagnitnogo polya na fiziko-himicheskie svoystva vodyi i ee spektralnyie harakteristiki. *Polzunovskiy vestnik*. 2008. 3. Pp. 305–309.
10. Naberuhin Yu.I. Strukturnyye modeli zhidkosti. M.: Nauka, 1981. 185 p.
11. Puharenko Yu.V., Nikitin V.A., Letenko D.G. Nanostrukturirovanie vodyi zatvoreniya kak sposob povysheniya effektivnosti plastifikatorov betonnykh smesey. *Stroitelnyie materialy*. 2006. № 9. Pp. 11–13.
12. Puharenko Yu.V., Aubakirova I.U., Staroverov V.D. Effektivnost aktivatsii vodyi zatvoreniya uglerodnyimi nanochastitsami. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2009. 1. Pp. 40–45.
13. Schukin E.D., Pertsov A.V., Amelina E.A. Kolloidnaya himiya. M., 1982. 383 p.
14. Shishkina A.A. Penobetonny povyshennoy prochnosti. *budivelni materialy, virobi ta sanitarna tehnika*. 2009. 1(31). Pp. 38–41.
15. Fleysher G.Yu., Tokarchuk V.V., Vasilkevich O.I., Sviderskiy V.A. Vpliv spirtiv yak dobavok-priskoryuvachiv tverdnennya na vlastivosti tsementu. *Tekhnologicheskyy audit i rezervy proizvodstva*. 2014. № 4/1(18). Pp. 32–36.
16. Bukanova E.F. Kolloidnaya himiya PAV. Chast 1. Mitselloobrazovanie v rastvorakh PAV. M., 2006. 80 z.

CONCRETE STRENGTH MANAGEMENT OF MODIFIED SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES

Abstract. *In the work on the basis of the analysis of the literature data, the purpose of the research was determined to establish the influence of nanomodifiers, namely colloidal surfactants modified with higher alcohol, on the strength of fine-grained and reaction-powder concrete and the speed of its formation. The basis of the research is known scientific provisions, which are based on the fact that the chemical processes of hydration of portland cement provide the formation of concrete strength during compression. The effect of colloidal solutions consisting of a mixture of surfactant that can form micelles and a modifier of higher alcohol was studied in the paper. A feature of the studies presented in the paper is the study of the simultaneous influence of micelles-forming surfactants and higher alcohol on the strength change of fine-grained and reaction-powder concretes. In the course of the research it was found that the micelle-forming surfactants and the higher alcohols used change the character of the concrete strength formation, which leads to its increase. The nature of the change in the strength of concrete under the influence of the surfactants and higher alcohols used depends on their amount in the concrete. The conducted researches have established the peculiarities of influence on the strength of concrete in compression of the modified surfactant, which is a dispersed system “higher alcohol – micellar-forming surfactant”, depending on the amount of higher alcohol and the amount of micellar-forming surfactant.*

Due to catalysis, the mechanical strength of concrete is increased by 120–190% compared to concrete that does not contain a dispersion system of “higher alcohol – micellar-forming surfactant”. It is proved that to control the processes of cement hardening and formation of the strength of artificial stone obtained during the hydration of cement, it is possible to use a catalytic effect, using a modified colloidal surfactant modified with higher alcohol, thereby increasing the absolute value of the compressive strength of concrete, in particular fine grains.

Key words: concrete, surfactant, higher alcohol, strength, modification.

Shishkin 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

Shishkina O.O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Technology of Building Products, Materials and Structures,
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region

УДК 666.948: 666.972.112

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.12>**Шишкіна О.О.**к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область**ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО НАНОМОДИФІКАТОРА
В ТЕХНОЛОГІЇ ПІНОБЕТОНУ**

Анотація. У роботі на основі аналізу літературних даних визначена мета досліджень, яка полягає у встановленні впливу наномодифікаторів, а саме сполук d-елементів, модифікованих колоїдною поверхнево-активною речовиною, на величину міцності пінобетону і швидкість її формування. Основою досліджень стали відомі наукові положення, які ґрунтуються на тому, що хімічні процеси гідратації портландцементу забезпечують формування міцності бетону при стиску. За певних умов підвищення швидкості гідратації цементу сприяє підвищенню міцності бетону при стиску. Особливо це стосується пінобетонів. У роботі було вивчено вплив колоїдних розчинів, які складаються із суміші поверхнево-активної речовини, яка може утворювати міцели, і нанонаповнювачів – мінеральних добавок-модифікаторів. Особливістю досліджень представлених у роботі є вивчення одночасного впливу поверхнево-активних речовин, які утворюють міцели, та сполук d-елементів на зміну міцності пінобетонів. У процесі досліджень встановлено, що означені міцелоутворюючі поверхнево-активні речовини та застосовані добавки-модифікатори змінюють характер формування міцності пінобетонів, що призводить до збільшення її величини. Характер зміни міцності пінобетону під впливом застосованих поверхнево-активних речовин та добавок модифікаторів залежить від кількості заповнювача в бетоні. Проведеними дослідженнями встановлено особливості впливу на міцність при стиску пінобетону наномодифікатора, який являє собою дисперсну систему «сполука d-елементу – міцелоутворююча поверхнево-активна речовина», в залежності від виду мінеральної частини наномодифікатора, його кількості і кількості міцелоутворюючої поверхнево-активної речовини в бетоні. Завдяки каталізу, механічна міцність бетону підвищується на 120–450% в порівнянні з бетоном, який не містить дисперсну систему «сполука d-елементу – міцелоутворююча поверхнево-активна речовина». Доведено, що для управління процесами тужавіння цементу й формування міцності штучного каменю, який отримують у процесі гідратації цементу, можна використовувати міцелярний каталіз, застосовуючи міцели, наповнені наномодифікаторами, тим самим підвищуючи абсолютну величину міцності при стиску таких бетонів, зокрема дрібнозернистих, у віці 28 діб.

Ключові слова: пінобетон, міцели, поверхнево-активні речовини, наповнювач, міцність, модифікатор.

Постановка проблеми. Загальна направленість сучасних технологій будівництва спрямована на застосування зведення будівель і споруд із монолітного бетону, що призвело до приєднання технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів до загальної технології будівельного виробництва як окремого елемента.

Деякі елементи, зокрема, звукозахисний шар на підлозі та зовнішні стіни, будівель і споруд, які зводяться з монолітного бетону, виготовляють з ніздрюватого бетону, здебільшого – пінобетону.

Означені бетони представляють собою багатокомпонентну композиційну систему і містять дрібнозернистий заповнювач, тонкодисперсний наповнювач, а також портландцемент [1] та високоефективні суперпластифікатори, які виконують роль дефлокулянтів. Оптимальне поєднання зазначених добавок-модифікаторів, а також, в разі необхідності, поєднання з ними в невеликих кількостях й інших органічних і мінеральних матеріалів дає змогу управляти реологічними властивостями бетонних сумішей і модифікувати структуру цементного каменю на мікрорівні

так, щоб надати бетону властивості, що забезпечують його високу експлуатаційну надійність [2–4].

Одним із шляхів модифікації структури бетону, у тому числі пінобетону, є застосування простіших поверхнево-активних речовин – поліспиртів [5–8].

Зважаючи на поліфункціональну дію поверхнево-активних речовин (ПАР): дефлюкулянтів, пластифікаторів та поліспиртів, актуальними варто вважати дослідження, спрямовані на подальше удосконалення і розвиток технології ніздрюватих бетонів, зокрема пінобетонів, спрямоване на регулювання процесів структуроутворення цементного каменю шляхом використання ефективних добавок, які модифікують структуру бетону.

Аналіз останніх досліджень. Нагальна необхідність отримання високоякісних бетонів на базі рядових цементів змушує шукати нові технологічні прийоми, використання мінеральних добавок-модифікаторів і органічних модифікаторів [1; 9; 10].

Роботами П.І. Боженова [11], Р.Ф. Рунової [12] та ін. встановлено, що використання активних мінеральних добавок дає реальну змогу отримати бетони із заданими фізико-механічними характеристиками в умовах значної економії портландцементу.

Як добавки-модифікатори найбільш широко нині застосовуються мікрокремнезем [9] та метакалін [13]. Однак вони мають певні недоліки, які стримують їх широке застосування. До таких недоліків мікрокремнезему [9] варто зарахувати відсутність стабільності його властивостей, бо він представляє відходи виробництва та складність транспортування та використання. Для метакаліну [13] недоліком є його висока вартість внаслідок досить високих енерговитрат на його виробництво. Доволі високі результати в підвищенні міцності бетону, зокрема пінобетону, отримані за рахунок застосування як наномодифікаторів сполук d-елементів [14]. Доведено, що означені наномодифікатори, застосовані одночасно із поліспиртом [15], призводять до значного підвищення міцності пінобетону, що є актуальною задачею, вирішення якої призведе до розширення галузі застосування пінобетону.

Мета роботи – підвищити міцність пінобетону для розширення галузі його застосування в будівництві. Завдання: дослідити вплив наномодифікаторів, а саме сполук

d-елементів, модифікованих колоїдною поверхнево-активною речовиною, на величину міцності пінобетону і швидкість її формування; визначити кількісні показники впливу означених наномодифікаторів на величину міцності пінобетону; визначити оптимальні величини витрати наномодифікаторів, модифікованих колоїдною поверхнево-активною речовиною, для отримання пінобетону максимальної міцності.

Дослідження проводили з використанням портландцементу М400 (виробник ПАТ «Хайдельберг цемент Кривий Ріг», Україна), як дрібний заповнювач використовували дніпровський річковий пісок. Як поверхнево-активну речовину використовували колоїдну поверхнево-активну речовину (МПАР). Як d-елемент (наномодифікатор) використовували оксид заліза.

Модифікація наномодифікатора проводилася шляхом його обробки водним розчином МПАР, який мав концентрацію МПАР 0,1%. Експериментальні зразки бетону готували з бетонних сумішей, компоненти яких дозували в необхідних, згідно з планом експерименту, кількостях, перемішували в лабораторному змішувачі протягом 3 хвилин. Отримана суміш поміщалася в металеву форму-куб, яка має розмір сторін 7 см. Відформовані таким чином зразки бетону тверділи протягом 28 діб при вологості навколишнього середовища $70 \pm 10\%$ і температурі навколишнього повітря 293 ± 2 К. Міцність при стиску бетону, який не містив колоїдної поверхнево-активної речовини та наномодифікаторів становила 2,2 МПа, його густина – 600 кг/м^3 .

Визначення величини межі міцності при стиску зразків проводилося відповідно до стандартних методик. Контроль міцності зразків здійснювали на універсальній машині УММ-100.

Результати досліджень. Результати визначення механічної міцності при стиску зразків пінобетону на певній стадії твердіння (28 діб) представлено на рис. 1–3.

Необхідно зазначити, що в присутності колоїдної поверхнево-активної речовини застосований наномодифікатор забезпечує підвищення міцності пінобетону.

Встановлено, що відповідно до вмісту заповнювача (рис. 1–3) в бетоні змінюється характер впливу на його міцність МПАР та наномодифікатора.

Встановлено, що максимальний приріст міцності пінобетону спостерігається при відношенні $\Pi/\text{Ц}=0,24$ та витраті наномодифікатора (d-елементу) 5–6% від маси цементу незалежно від вмісту МПАР у бетоні (рис. 4, 5).

Визначено зміну міцності пінобетону в часі при застосуванні як наномодифікатора системи «оксид заліза – МПАР» (рис. 6).

За експериментальними даними визначення швидкості формування міцності при стиску пінобетону (рис. 6) видно, що збільшення швидкості формування міцності в початкові терміни (до 15 діб) відбувається у більшому ступені в разі підвищеної витрати МПАР, але надалі, навпаки, – в разі меншої витрати МПАР.

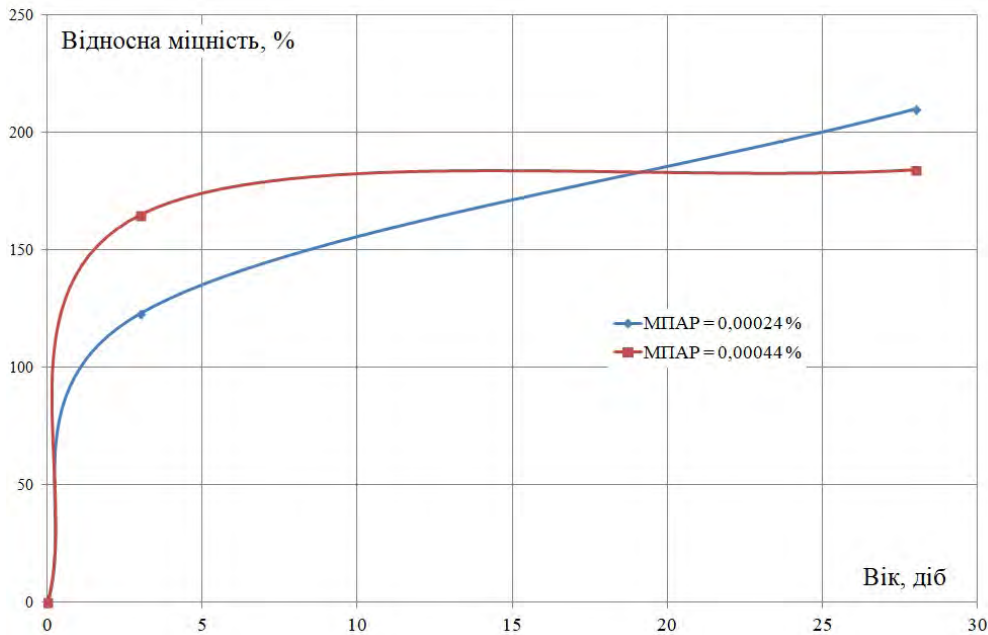


Рис. 1. Відносна міцність пінобетону
($\Pi/\text{Ц} = 0,22$; Π – маса заповнювача, Ц – маса цементу)

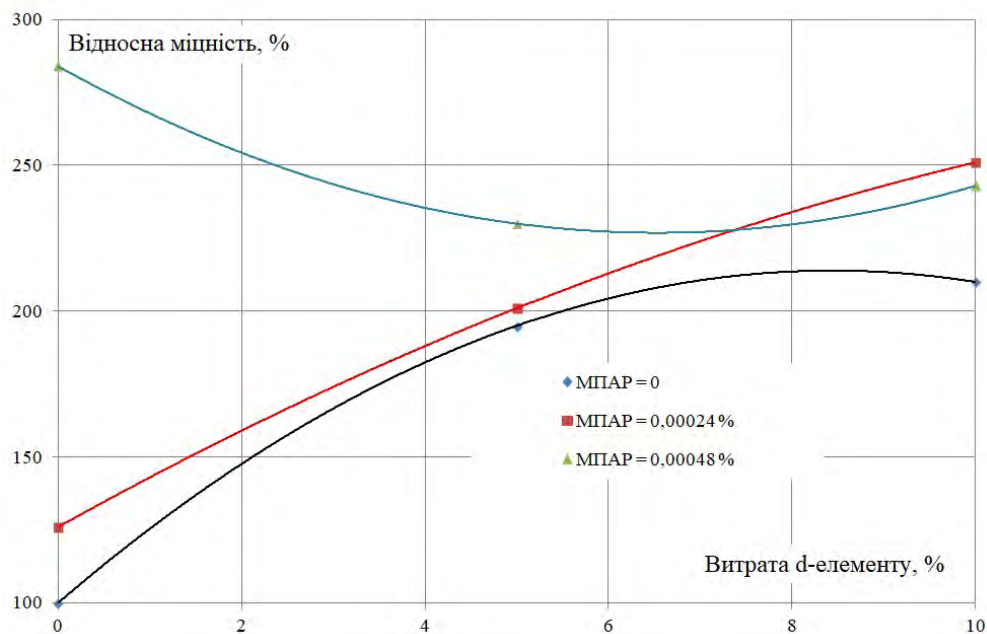


Рис. 2. Відносна міцність пінобетону
($\Pi/\text{Ц} = 0,24$; Π – маса заповнювача, Ц – маса цементу)

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено особливості впливу на міцність при стиску пінобетону наномодифікатора, який являє собою дисперсну систему «сполука d-елементу – МПАР», в залежності від її кількості і кількості МПАР у бетоні. Можна стверджувати, що дисперсна система «сполука d-елементу – МПАР» суттєво впливає на формування структури піно-

бетону на усіх стадіях його твердіння. Це проявляється у зміні швидкості формування та величини міцності при стиску пінобетону. Завдяки каталізу механічна міцність бетону підвищується на 120–450% в порівнянні з бетоном, який не містить дисперсну систему «сполука d-елементу – МПАР». Це дає змогу стверджувати про ефективність використання наномодифікатора,

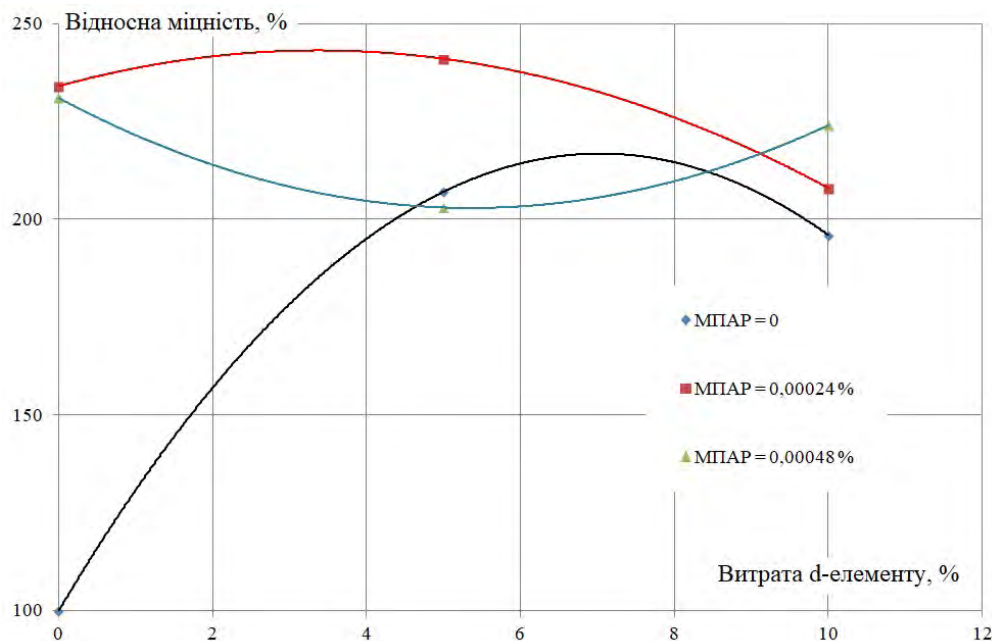


Рис. 3. Відносна міцність пінобетону
($\Pi/\Pi = 0,26$; Π – маса заповнювача, Π – маса цементу)

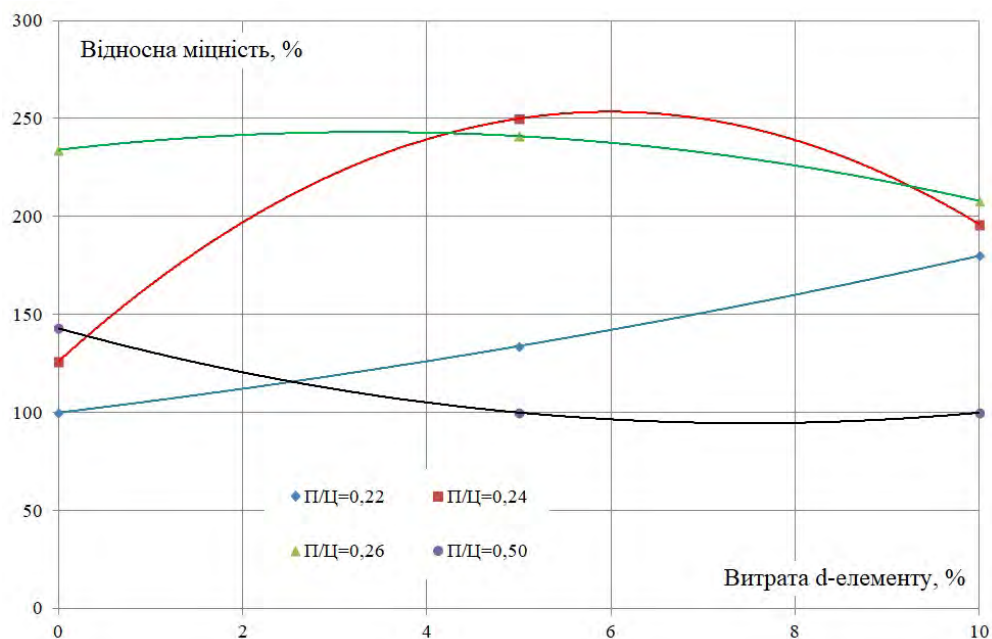


Рис. 4. Відносна міцність пінобетону при стиску (МПАР = 0,00022 %)

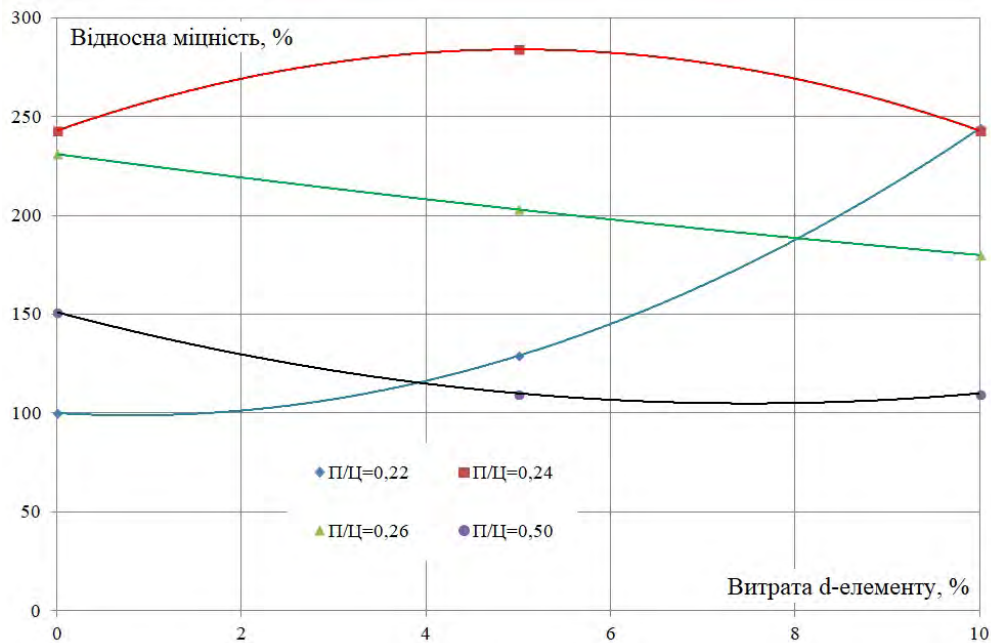


Рис. 5. Відносна міцність пінобетону при стиску (МПАР = 0,00024%)

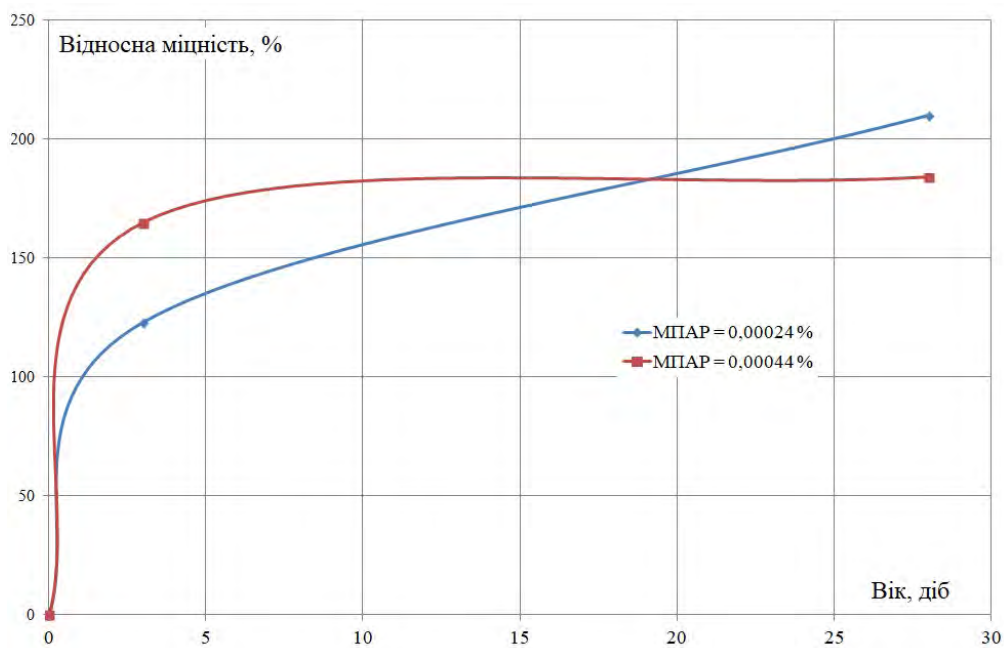


Рис. 6. Зміна міцності наномодифікованого пінобетону в часі

що містить дисперсну систему «сполука d-елементу – МПАР» у технології виготовлення пінобетону, що дасть змогу скороти-

ти терміни будівництва шляхом скорочення термінів виготовлення будівельних виробів і елементів будівельних конструкцій.

Література

- Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардунян Г.С. Новые модифицированные бетоны. Москва : Парадиз, 2010. 258 с.

2. Фролов А.В., Чумадова Л.И., Черкашин А.В., Акимов Л.И. Экономичность использования и влияние наноразмерных частиц на свойства легких высокопрочных бетонов. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 19. С. 51–61.
3. Пономарев А.Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов. *Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 6. С. 25–33.
4. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Загороднюк Л.И., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья. *Вісник МГСУ*. 2015. № 11. С. 101–109.
5. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Дослідження впливу нанокаталізу на формування міцності реакційного порошкового бетону. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 1/6 (79). С. 55–60.
6. Шишкіна О.О. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, на міцність нідздрюватого реакційного порошкового бетону. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2/6 (80). С. 66–70.
7. Shishkina A., Shishkin A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 633–634. S. 917–921.
8. Шишкіна А.А. Пенобетоны повышенной прочности. *Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка*. 2009. № 1(31). С. 38–41.
9. Барабаш И.В., Ксьоншкевич Л.М., Крантовська О.М. Високоміцні бетони на механоактивованому в'язучому. *Збірник наукових праць УкрДАСТ*. 2014. № 149. С. 130–136.
10. Батраков, В.Г., Каприелов С.С., Иванов Ф.М., Шейнфельд А.В. Оценка ультрадисперсных отходов металлургических производств как добавок в бетон. *Бетон и железобетон*. 1990. № 12. С. 15–17.
11. Баженов, Ю.М. Технология бетона. Москва : АВС, 2003. 500 с.
12. Рунова, Р.Ф., Руденко И.И., Троян В.В., Товстониц В.В., Щербина С.П., Пашина Л.Д. Формирование структуры высокопрочных бетонов. *Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка*. 2008. № 29. С. 91–97.
13. Морозов Н.М., Боровских И.В. Влияние метакаолина на свойства цементных систем. *Известия КГАСУ*. 2015. № 3(33). С. 127–132.
14. Шишкін О.О. Дослідження впливу сполук перехідних елементів на міцелярний каталіз формування міцності реакційного порошкового бетону. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2/6 (80). С. 60–65.
15. Шишкіна О.О. Вплив сполук заліза на властивості пінобетону. *Вісник ДонНАБА*. 2012-1(93), 2012. С. 89–93.
16. Иващенко Ю.Г., Мухамбеткалиев К.К., Тимохин Д.К. Эффективные глиноцементные композиции, модифицированные органическими добавками. *Вестник СГТУ*. 2014. № 4 (77). С. 199–204.
17. Дудина С.Н. Сорбция из растворов ионов Fe^{3+} и Ni^{2+} природными и активированными глинами. *Научные ведомости*. 2010. № 9(80). С. 131–136.

References

1. Kaprielov S.S., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S. Novyye modifitsirovannyye betonyi. Moskva: Paradiz, 2010. 258 s.
2. Frolov A.V., Chumadova L.I., Cherkashin A.V., Akimov L.I. Ekonomichnost ispolzovaniya i vliyanie nanorazmernykh chastits na svoystva legkikh vyisokoprochnykh betonov. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*. 2014. № 19. 51–61.
3. Ponomarev A.N. Vyisokokachestvennyie betonyi. Analiz vozmozhnostey i praktika ispolzovaniya metodov. *Inzhenerno-stroitelnyiy zhurnal*. 2009. № 6. 25–33.
4. Tolstoy A.D., Lesovik B.C., Zagorodnyuk L.I., Kovaleva I.A. Poroshkovyye betonyi s primeneniem tehnogennogo syrya. *Visnik MGSU*. 2015. № 11. 101–109.
5. Shishkina O.O., Shishkin O.O. Doslidzhennya vplivu nanokatalizu na formuvannya mitsnostI reaktsiynogo poroshkovogo betonu. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredoviyh tehnologiy*. 2016. № 1/6 (79). S. 55–60.
6. Shishkina O.O. Doslidzhennya vplivu poverhnevo-aktivnih rechovin, scho utvoryuyut mitseli, na mitsnist nIdzryuvatogo reaktsiynogo poroshkovogo betonu. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredoviyh tehnologiy*. 2016. № 2/6 (80). 66–70.
7. Shishkina A., Shishkin A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 633–634. S. 917–921.
8. Shishkina A.A. Penobetoniy povyishennoy prochnosti. *Budivelni materialy, virobi ta sanitarna tehnika*. 2009. № 1(31). 38–41.
9. Barabash I.V., Ksonshkevich L.M., Krantovska O.M. Visokomitsni betoni na mehanoaktivovanomu v'yazhuchomu. *Zbirnik naukovih prats UkrDAZT*. 2014. № 149. 130–136.
10. Batrakov, V.G., Kaprielov S.S., Ivanov F.M., Sheynfeld A.V. Otsenka ultradispersnykh othodov metallurgicheskikh proizvodstv kak dobavok v beton. *Beton i zhelezobeton*. 1990. № 12. 15–17.

11. Bazhenov, Yu.M. *Tehnologiya betona*. Moskva : AVS, 2003. 500 s.
12. Runova, R.F., Rudenko I.I., Troyan V.V., TovstonIs V.V., Scherbina S.P., Pashina L.D. Formirovanie strukturyi vyisokoprochnyih betonov. *Budivelni materiali, virobi ta sanitarna tehnika*. 2008. № 29. 91–97.
13. Morozov N.M., Borovskih I.V. Vliyanie metakaolina na svoystva tsementnyih sistem. *Izvestiya KGASU*. 2015. № 3(33). 127–132.
14. Shishkin O.O. Doslidzhennya vplivu spoluk perehidnih elementiv na mitselyarniy kataliz formuvannya mitsnosti reaktsiynogo poroshkovogo betonu. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tekhnologiy*. 2016. № 2/6 (80). 60–65.
15. Shishkina A.A. Vpliv spoluk zaliza na vlastivosti pinobetonu. *Visnik DonNABA*. 2012-1(93), 2012. 89–93.
16. Ivaschenko Yu.G., Muhambetkaliev K.K., Timohin D.K. Effektivnyie glinotsementnyie kompozitsii, modifitsirovannyie organicheskimi dobavkami. *Vestnik SGTU*. 2014. № 4(77). 199–204.
17. Dudina S.N. Sorbtsiya iz rastvorov ionov Fe^{3+} i Ni^{2+} prirodnimi i aktivirovannyimi glinami. *Nauchnyie vedomosti*. 2010. № 9(80). 131–136.

APPLICATION OF THE COMPLEX NANMODIFIER IN FOAM CONCRETE TECHNOLOGY

Abstract. *In the work on the basis of the analysis of the literature data, the purpose of the research was determined to investigate the effect of nano-modifiers, namely compounds of d-elements, modified by a colloidal surfactant, on the magnitude of the foam strength and the speed of its formation. The basis of the research was the known results of studies, which are based on the fact that the chemical processes of hydration of Portland cement provide the formation of concrete compressive strength. Under certain conditions, increasing the rate of hydration of cement helps to increase the compressive strength of concrete. This is especially true of foam concrete. The effect of colloidal solutions consisting of a mixture of surfactant, which can form micelles, and nano-fillers - mineral additives-modifiers, was studied. A feature of the studies presented in the paper is the study of the simultaneous effect of micelles-forming surfactants and d-element compounds on the change in the strength of foam concrete. In the course of research it is established that the specified micellar surfactants and applied additives-modifiers change the character of the formation of the strength of the foam concrete, namely increase its value. The nature of the change in the strength of the foam under the influence of the surfactants and admixtures used depends on the amount of aggregate in the concrete. The conducted researches have established the peculiarities of influence on the compressive strength of nano-modifier foam concrete, which is a dispersed system of “d-element compound – colloidal surfactant”, depending on the type of mineral nano-modifier, its number and amount of colloidal surfactant in concrete due to catalysis, the mechanical strength of concrete is increased by 120–450% compared to concrete that does not contain a dispersed “d-element – colloidal surfactant” system. It has been proved that micellar catalysis can be used to control the processes of cement curing and the formation of the strength of artificial stone obtained in the process of cement hydration, using micelles filled with additives-modifiers thereby increasing the absolute amount of compressive strength of such concretes, in particular fine-grained 28.*

Key words: *foam concrete, micelles, surfactants, filler, strength, modifier.*

Shishkina O.O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of Building Products, Materials and Structures,
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region

ЗМІСТ

Григоровський П.Є., Мурасьова О.В. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ОБСЯГІВ ЦИКЛУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У СКЛАДІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ.....	3
Борисов А.А., Кирилюк С.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА.....	9
Дмитриева Н.В., Трофимова Л.Е., Кирилюк С.В., Шамшур А.П. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ЭКРАНОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ.....	15
Карпушин С.О., Дарієнко В.В., Кузик О.В., Пантілієнко В.В., Карпушин А.С. МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ АНАЕРОБНОГО БІОРЕАКТОРА З ҐРУНТОЦЕМЕНТУ.....	24
Мостовенко А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ ИЗВЕСТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ПОТЕНЦИАЛОВ ОТДЕЛЬНЫХ ЕГО ТОЧЕК.....	34
Новомлинець О.О., Олексієнко С.В., Ющенко С.М., Нагорна І.В. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ.....	38
Posternak I.M., Posternak S.O. ORGANIZATIONAL ACTIONS FOR FORMATION STREAMS CONTINUOUS DEVELOPMENT FRONTS WORKS (M-CDF) OF THE COMPLEX TOWN-PLANNING POWER RECONSTRUCTION.....	44
Постернак О.О., Кравченко С.А., Агафонова І.П., Агаєва О.А. НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ТА МОНОЛІТНИХ ПЕРЕКРИТТІВ ІЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НА БАГАТОКОМПОНЕНТНОМУ В'ЯЖУЧОМУ.....	50
Prybytko I.O., Bolotov M.H., Rudenko M.M. STUDY OF GEOMETRICAL PARAMETERS INFLUENCE OF PROFILED DECKING ON BEARING CAPACITY OF THE ROOF.....	57
Савченко Н.П., Трет'як А.В. АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ З ГІБРИДНОЮ СИСТЕМОЮ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОМУ КЕРУВАННІ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТА СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	63
Шишкін О.О., Шишкіна О.О. УПРАВЛІННЯ МІЦНІСТЮ БЕТОНУ МОДИФІКОВАНИМИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ.....	69
Шишкіна О.О. ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО НАНОМОДИФІКАТОРА В ТЕХНОЛОГІЇ ПІНОБЕТОНУ.....	77

CONTENTS

Hrihorovskiy P.Ye., Murasova O.V. METHODOLOGY OF RESEARCH VOLUME OF THE CYCLE INSTRUMENTAL OBSERVATIONS IN THE COMPOSITION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL INDICATORS OF MEASURING WORKS.....	3
Borisov A.A., Kirilyuk S.V. DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FILTER SCREEN DEVICES.....	9
Dmytriieva N.V., Trofimova L.E., Kyryliuk S.V., Shamshur A.P. INCREASING EFFICIENCY OF WATERPROOFING SCREENS WITHIN THE CONCEPT OF CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS.....	15
Karpushyn S.O., Darienko V.V., Kuzyk O.V., Panteleienko V.I., Karpushyn A.S. METHOD OF DESIGN OF ANAEROBIC BIORACTOR FROM SOIL CEMENT.....	24
Mostovenko O.V. DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF AN ARBITRARY POINT OF PHYSICAL FIELD AT KNOWN VALUES OF POTENTIALS OF INDIVIDUAL POINTS OF PHYSICAL FIELD.....	34
Novomlynets O.O., Oleksiienko S.V., Yushchenko S.M., Nahorna I.V. DEVELOPMENT PROSPECTS OF ECOLOGICALLY SAFE CONSTRUCTION IN UKRAINE.....	38
Posternak I.M., Posternak S.O. ORGANIZATIONAL ACTIONS FOR FORMATION STREAMS CONTINUOUS DEVELOPMENT FRONTS WORKS (M-CDF) OF THE COMPLEX TOWN-PLANNING POWER RECONSTRUCTION.....	44
Posternak A.A., Kravchenko S.A., Agafonova I.P., Ahaieva O.A. BEARING STRENGTH AND DEFORMATION COLLAPSIBLE-MONOLITHIC AND MONOLITHIC SLABS FROM LIGHTWEIGHT CONCRETE ON A MULTICOMPONENT BINDING AGENT.....	50
Prybytko I.O., Bolotov M.H., Rudenko M.M. STUDY OF GEOMETRICAL PARAMETERS INFLUENCE OF PROFILED DECKING ON BEARING CAPACITY OF THE ROOF.....	57
Savchenko N.P., Tretiak A.V. ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF A BUILDING WITH A HYBRID ELECTRICAL SYSTEM IN INTELLECTUAL CONTROL OF GENERATION AND CONSUMPTION OF ELECTRICITY.....	63
Shishkin O.O., Shishkina O.O. CONCRETE STRENGTH MANAGEMENT OF MODIFIED SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES.....	69
Shishkina O.O. APPLICATION OF THE COMPLEX NANMODIFIER IN FOAM CONCRETE TECHNOLOGY.....	77

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**



НОТАТКИ

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

Науково-технічний журнал

Випуск № 37

Підписано до друку 03.07.2020 р. Формат 64х90/8. Обл.-вид. арк. 6,36, ум.-друк. арк. 10,23.
Папір офсетний. Цифровий друк. Наклад 200 примірників. Замовлення № 0720/172.

Надруковано: Видавничий дім «Гельветика»
(Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4392 від 20.08.2018 р.)
03150, м. Київ, вул. Велика Васильківська 74, оф. 7
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua