

УДК 624.012.45:620.197.6

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.41.1142

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ОЛИВ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

ЄРМАКОВ О. М.^{1*}, асп.,

ВОЛКОВА В. Є.², докт. техн. наук, проф.

^{1*} Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 712-09-48, e-mail: Aleksv@ukr.net, ORCID ID: 0009-0005-1581-1230

² Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, 49009, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 561-55-62, e-mail: drvev09@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1883-1385

Анотація. Постановка проблеми. Залізобетонні елементи широко використовуються у сучасному будівництві завдяки їхнім винятковим механічним характеристикам, таким як міцність і тривала експлуатаційна стійкість. Однак під впливом агресивних середовищ, до яких належать промислові мастила і мінеральні оливи, їхня несуча здатність може істотно погіршуватися. Проникаючи в пористу структуру бетону, оливи змінюють його фізико-хімічні властивості, що негативно позначається на міцності та здатності витримувати механічні навантаження. Оскільки на багатьох промислових об'єктах залізобетон постійно контактує з мінеральними оливами, виникає нагальна потреба у всебічному вивченні їхнього впливу на залізобетон. **Мета.** Огляд сучасних наукових досліджень і теоретичних підходів до оцінки впливу мінеральних олив на несучу здатність стиснутих залізобетонних елементів. У статті розглянуто результати досліджень, що підтверджують вплив олив на корозійні процеси та тріщиноутворення в залізобетоні, а також наведено рекомендації щодо застосування захисних заходів для підвищення довговічності конструкцій. **Висновок.** Огляд наукових джерел свідчить, що оливи відіграють важливу роль у промислових процесах, однак їх тривалий контакт із залізобетонними конструкціями може призвести до значного зниження несучої здатності. Результати наукових досліджень підтверджують необхідність подальшого вивчення цього явища та розробки заходів захисту, спрямованих на мінімізацію негативних наслідків від впливу мінеральних олив.

Ключові слова: мінеральні оливи; залізобетон; несуча здатність; корозія; бетон

THE IMPACT OF MINERAL OILS ON THE LOAD-BEARING CAPACITY OF COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

YERMAKOV O.M.^{1*}, Postgrad. Stud.,

VOLKOVA V.Ye.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.

^{1*} Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (067) 712-09-48, e-mail: Aleksv@ukr.net, ORCID ID: 0009-0005-1581-1230

² Department of Civil Engineering, Construction Technologies and Environmental Protection, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhiy Efremov St., Dnipro, 49009, Ukraine, tel. +38 (050) 561-55-62, e-mail: drvev09@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1883-1385

Abstract. Statement of problem. Reinforced concrete elements are widely used in modern construction due to their exceptional mechanical characteristics, such as strength and long-term operational stability. However, under the influence of aggressive environments, including industrial lubricants and mineral oils, their load-bearing capacity can significantly deteriorate. Oils penetrate the porous structure of concrete, altering its physical and chemical properties, which negatively affects the material's strength and its ability to withstand mechanical loads. Since reinforced concrete in many industrial facilities is in permanent contact with mineral oils, there is an urgent need for a comprehensive study of their impact on concrete and reinforced concrete elements. **Purpose.** The aim is to review current scientific research and theoretical approaches to assess the impact of mineral oils on the load-bearing capacity of compressed reinforced concrete elements. The article reviews research findings that confirm the impact of oils on corrosion processes and crack formation in reinforced concrete, as well as recommendations for protective measures to improve the durability of structures. **Conclusion.** A review of scientific sources indicates that oils play a significant role in industrial processes, but prolonged contact with reinforced concrete structures can lead to a considerable reduction in load-bearing capacity.

The results of scientific research confirm the need for further study of this phenomenon and the development of protective measures aimed at minimizing the negative effects of mineral oils.

Keywords: *mineral oils; reinforced concrete; load-bearing capacity; corrosion; concrete; shrinkage*

Постановка проблеми. Залізобетонні конструкції широко застосовуються в сучасному будівництві завдяки своїм високим фізико-механічним властивостям, зокрема міцності та довговічності. Проте в умовах впливу агресивних середовищ, таких як промислові мастильні матеріали, включаючи мінеральні оливи, їх несуча здатність може значно знижуватися [17]. Оливи, проникаючи в пори бетону, викликають зміну фізико-хімічних характеристик матеріалів, що призводить до порушення їх міцності та зменшення стійкості до механічних навантажень. Оскільки багато промислових об'єктів, де використовуються залізобетонні конструкції, перебувають у контакті з мінеральними оливами, виникає потреба в комплексному аналізі їх впливу на бетон і залізобетонні елементи. Проблема взаємодії олив і будівельних матеріалів є актуальною, оскільки знижена міцність може призвести до передчасного руйнування конструкцій та підвищення витрат на їх ремонт і обслуговування.

Аналіз публікацій. Вивченням впливу мінеральних олив та інших нафтопродуктів на залізобетонні конструкції присвячено дослідження К. Желько, А. Бартош, О. Волянський, Д. Плагін, Т. Костюк, В. Винниченко, О. Борзяк, А. Єфименко, С. Чепурна, М. Ярмоленко, О. Якименко, В. Черненко, Є. Клименко, К. Полянський. Серед зарубіжних досліджень цього напрямку варто виділити роботи С. Стіана, Д. Вейса, Р. Гошека, У. Грея, Р. Грюна, Г. Камінського, В. Манса, М.А. Матті, Ф. Перкінса, Б. Ролло, Е. Хартмана, Ф. Недесхаувена та В. Штейнбаха.

Аналіз робіт, присвячених питанню впливу мінеральних олив на бетон, показав, що ця проблема активно розвивається останні два десятиріччя. Це, безумовно, пов'язано з тим, що часто спостерігалися випадки виходу з ладу будівельних конструкцій, що піддавалися тривалому

промаслюванню, що змусило дослідників звернути увагу на цю проблему. Інтерес до неї не слабшає і до сьогодні. Найбільшу увагу провартують дослідження впливу олив на міцність бетону. Так, Чепурна С. [7] вказувала, що у промасленого бетону процеси твердіння не тільки припиняються, але й відбувається прогресуюче з часом зниження міцності. Салау М. [15] виявив зниження міцності на стиск цементно-піщаного розчину за 2 місяці зберігання в мастильній оливі на 12 %.

Клименко Є. [3] провів дослідження впливу мінеральних олив на міцність бетону, виготовленого на різних видах цементу. На основі отриманих результатів щодо міцності на стиск і на згин. Він встановив, що витримування бетонних зразків у мінеральному маслі призвело до зниження міцності зразків на 50 %. Іншим те, що бетону і розчини на портландцементі є більш вразливими до впливу олив у порівнянні до бетонів на цементах іншого складу.

Дворкін Л. вказує на зниження міцності бетону при натурних обстеженнях. Гриньова І., Штухец Д., Желько К., Бартош А. [2] стверджують, що дія олив і емульсій на бетон аналогічна дії на нього води, що виражається у зниженні міцності бетону на осьове розтягування. Їхні досліді показали, що міцність бетону знизилася на 5-30%, причому зниження міцності тим більше, чим нижчий клас бетону.

Якименко О. [5] виявив ряд особливостей при вивченні фізико-механічних властивостей бетонів при дії на них мінеральних олив. Чим менша міцність бетону, тим більше за величиною зниження міцності. Майя Л. [13] стверджує, що після років експлуатації зниження міцності бетону, замасленого оливою, досягає 40–50 %. Причому найбільше зниження спостерігається в плитах перекриття, менше – в балках і ригелях. Така закономірність

пов'язана з формою контактної поверхні цих конструкцій.

Попри велику кількість результатів досліджень про стан міцності бетону при просочуванні його мінеральними оливами, бували випадки, коли не було помічено шкідливого впливу нафтопродуктів. Ролло Б. і Гошек Ю. [14] стверджують, що промаслювання чинить негативний вплив на бетон тільки через тривалий термін. Вони також досліджували вплив важких олив на міцність цементних розчинів і дійшли висновку, що падіння міцності розчину спостерігається до трьох місяців, а потім величина міцності розчину стабілізується і залишається практично постійною протягом 12 місяців. Відзначено, що падіння міцності просочених зразків залежить від умов попереднього твердіння.

Аналіз наукових праць показує, що вплив олив на залізобетон може призводити до значних змін у хімічному і фізичному складі бетону, а також знижувати довговічність і міцність конструкцій. Оливи можуть взаємодіяти з компонентами бетону, змінюючи його властивості і прискорюючи корозію арматури. Технологічні підходи, такі як застосування добавок, захисних

покриттів і спеціальних методів ремонту, можуть допомогти покращити стійкість бетону до негативного впливу олив.

Цілі й завдання. Метою цієї статті є огляд сучасних наукових досліджень і теоретичних підходів до оцінки впливу мінеральних олив на несучу здатність стиснутих залізобетонних елементів. Завдання статті включають аналіз властивостей мінеральних олив та вивчення основних механізмів впливу мінеральних олив на бетон, таких як проникнення в пори, адсорбція та утворення мікротріщин.

Виклад основного матеріалу. Мінеральні оливи є важливою складовою в різноманітних галузях промисловості, включаючи автомобільну, авіаційну та виробничу сфери. Їх використовують як мастильні матеріали, теплоносії, ізоляційні рідини та для інших специфічних застосувань. Ці оливи виробляють шляхом рафінації нафти і містять різноманітні вуглеводневі сполуки [9]. Їх склад значно впливає на фізичні та хімічні властивості, такі як в'язкість, температурна стійкість і схильність до окислення. Основні компоненти мінеральних олив відображено у таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад мінеральних олив

Тип вуглеводнів	Хімічна формула	Основні властивості	Основні використання
Парафінові	C_nH_{2n+2}	Висока стабільність, хороші мастильні властивості	Автомобільні оливи, мастильні матеріали
Нафтеніві	C_nH_{2n}	Текучість при низьких температурах	Гідравлічні рідини, мастильні матеріали
Ароматичні	C_nH_n	Розчинність, окислювальна стійкість	Очищення двигунів, захист від корозії

Таблиця 2

Фізичні властивості мінеральних олив

Властивість	Опис	Вимірювання	Вплив на використання
В'язкість	Опір текучості	cСт, Па·с	Мастильні властивості, енергоефективність
Індекс в'язкості	Зміна в'язкості з температурою	Безрозмірний	Стабільність у різних температурних умовах
Температура застигання	Мінімальна температура плинності	°C	Використання при низьких температурах
Температура спалаху	Температура запалення парів	°C	Безпека, пожежна стійкість
Густина	Маса в одиниці об'єму	г/см ³ , кг/м ³	Змазувальні властивості, енергетична ефективність
Стійкість до зрізу	Збереження в'язкості під навантаженням	% зміни	Надійність при високих навантаженнях

Кожен тип вуглеводнів надає мінеральним оливам унікальні властивості, що може бути використано для різних застосувань шляхом регулювання їх відносного вмісту. Наприклад, більший вміст парафінових вуглеводнів підвищує стабільність олив при високих температурах, тоді як нафтонові вуглеводні забезпечують кращу текучість в умовах низьких температур. Хімічний склад мінеральних олив є критично важливим для їх ефективного використання. Розуміння ролі кожного типу вуглеводнів допомагає в оптимізації їх властивостей для конкретних умов експлуатації [17].

Фізичні властивості мінеральних олив визначають їх здатність виконувати основні функції в різних умовах експлуатації. Основні фізичні властивості включають в'язкість, температурну стійкість, густину та інші характеристики [9], що відображено у таблиці 2.

Фізичні властивості мінеральних олив є ключовими для їх ефективного використання в умовах високих температур, тисків, і механічних навантажень. Наприклад, оливи з високою в'язкістю підходять для важких навантажень, тоді як оливи з низькою температурою застигання забезпечують ефективність при холодному старті. Розуміння фізичних властивостей мінеральних олив є критично важливим для їх оптимального вибору та використання в різних промислових і технічних сферах [4].

Мінеральні оливи мають широке застосування в автомобільній промисловості (моторні оливи зменшують тертя і знос у двигунах, а трансмісійні та гідравлічні рідини забезпечують роботу відповідних систем); промислового обладнання (мастильні матеріали та теплоносії зменшують тертя і передають тепло в машинах та електричних пристроях); енергетиці (турбінні оливи охолоджують турбіни, а оливи в гідроелектростанціях зменшують тертя) та спеціальних технічних сферах (оливи використовуються в космічній та авіаційній техніці для терморегуляції і охолодження) [10].

Вибір мінеральної оливи залежить від вимог експлуатації: для автомобільних двигунів важливі стійкість до високих температур і зносу, для промислових машин – стабільність при навантаженнях. Мінеральні оливи, отримані з нафти, відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності й довговічності обладнання, завдяки своїм фізичним і хімічним властивостям, таким як в'язкість і окислювальна стійкість. Вони широко застосовуються в автомобільній і промисловій сферах, забезпечуючи мастило, теплообмін і ізоляцію [14]. Мінеральні оливи використовуються в енергетичному секторі для мастила і охолодження турбін, а також у спеціальних технічних сферах, таких як космічна і авіаційна техніка, де важлива їх стабільність. Їх унікальні властивості роблять їх незамінними для забезпечення надійності та довговічності систем.

Вплив олив на будівельні матеріали залежить від умов використання: вони можуть як покращувати довговічність, так і знижувати міцність через хімічну взаємодію або фізичний вплив, тому їх застосування потребує ретельного контролю для запобігання негативним наслідкам [6]. Нафтопродукти, що проникають у бетон, знижують міцність конструкцій. В умовах військових дій, кількість аварій в наслідок яких відбувається промаслювання конструкцій суттєво зростає.

Мінеральні оливи, потрапляючи в мікродіфекти бетону, спричиняють адсорбційне зниження його міцності та, крім того, чинять розклинювальну дію, що, в свою чергу, знижує міцність бетону [1]. Також відбувається зниження зчеплення бетону з арматурою, це призводить до зниження міцності матеріалу конструкцій і можливості обвалення при експлуатаційних навантаженнях. Визначення зміни динамічних, міцнісних і деформативних характеристик залізобетонних конструкцій з урахуванням впливу нафтопродуктів дасть змогу оцінити стійкість конструкцій і підвищити рівень їхньої безпеки за цих впливів.

Мінеральні оливи, використовувані в промисловості, можуть мати негативний вплив на бетонні конструкції через хімічні та фізичні процеси. Вони знижують рН бетону, викликають корозію через реакцію з кальцієвими сполуками, а також сприяють розвитку бактерій, що погіршує міцність конструкцій стверджують науковці Даркен А., Хохар М., Розьєр Е. [8]. Проникнення олив у пори бетону викликає набухання та утворення тріщин. Дослідження підтверджують, що дія мінеральних олив знижує міцність і адгезію бетону, скорочуючи термін служби конструкцій, що потребує розробки захисних заходів [11].

Важливо зазначити, що несуча здатність залізобетонних конструкцій в умовах стиснення є ключовим аспектом проектування та аналізу будівельних елементів, що забезпечує їх стабільність і довговічність. Залізобетон поєднує переваги бетону і сталі, що надає йому високу міцність і пластичність, необхідні для підтримки значних навантажень [8]. Ці конструкції широко використовуються в будівництві через їх здатність витримувати великі навантаження, особливо в проектуванні висотних будівель, мостів, тунелів та інших інфраструктурних об'єктів.

Стиснення є однією з основних форм навантаження, що впливає на несучу здатність залізобетонних елементів, і її вплив має вирішальне значення для їхньої безпеки та довговічності [12]. Бетон і сталь мають різні механічні властивості, які по-різному реагують на стиснення. Бетон має високу міцність на стиснення, але відносно низьку міцність на розтягнення, тоді як сталь, навпаки, має високу міцність на розтягнення, але меншу міцність на стиснення. Завдяки комбінації цих властивостей залізобетонні конструкції здатні ефективно переносити значні навантаження на стиснення. Несуча здатність залізобетонних конструкцій залежить від кількох ключових факторів. По-перше, це якість бетону і арматури. Міцність і якість використаних матеріалів безпосередньо впливають на несучу здатність конструкції витримувати

навантаження. По-друге, форма перерізу і геометрія конструкцій також мають значення. Форма і розміри залізобетонних елементів впливають на їх здатність несучу здатність. Зміни в геометричних розмірах перерізу, такі як товщина стін або висота балок, можуть значно вплинути на навантаження, яке може сприйняти конструкція [16]. По-третє, армування. Розміщення і кількість арматури в залізобетонних елементах критично важливі для їхньої несучої здатності. Арматура підвищує міцність на розтяг і допомагає запобігти утворенню тріщин у бетоні, що може зменшити його ефективність при стисненні [7]. Дослідження впливу зовнішнього середовища на залізобетонні конструкції в умовах стиснення є критично важливим для забезпечення їхньої надійності та довговічності. Висока міцність на стиснення забезпечує здатність конструкції витримувати значні навантаження і підвищує її стійкість до зовнішніх впливів. Якість арматури також є важливою складовою несучої здатності. Сталь, що використовується для армування, повинна мати високу міцність на розтягнення та корозійну стійкість [5]. Адгезія між бетоном і арматурою також є критичним аспектом для забезпечення міцності залізобетонних конструкцій, адгезія між матеріалами впливає на здатність конструкції переносити навантаження.

У свою чергу, мінеральні оливи відіграють важливу роль у будівництві завдяки своїм особливим властивостям, таким як висока в'язкість, термостійкість і хімічна стабільність. Вони здатні зменшувати пористість і водопоглинання, що підвищує довговічність бетонних і цементних сумішей. Однак порушення умов використання олив може призвести до негативних наслідків, включаючи зниження міцності матеріалів та корозію металевих елементів, що підкреслює необхідність контролю якості олив і їх правильного застосування. Результати експериментальних досліджень вказують на те, що мінеральні оливи можуть суттєво впливати

на загальні властивості бетону, знижуючи його міцність та змінюючи структуру, що може призвести до збільшення ризику корозії арматури. Розробка нових технологій, таких як спеціальні добавки та захисні покриття, є критично важливою для збереження структури та функціональності будівель у середовищах, схильних до контакту з оливами [6]. Систематичні дослідження і впровадження нових технологій допоможуть запобігти витратам на відновлення та забезпечити безпечну і надійну експлуатацію будівельних конструкцій.

Висновки

Ефективність мінеральних олив у будівництві залежить від конкретних умов і вимог. Важливо враховувати їх властивості, взаємодію з матеріалами та експлуатаційні умови. Таким чином, використання олив має

бути продуманим і зваженим, що передбачає проведення досліджень для досягнення оптимальних результатів. Дослідження показують, що мінеральні оливи можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на залізобетон, залежно від складу і умов експлуатації. Оливи можуть покращувати водостійкість бетону, але їх взаємодія з компонентами може знижувати міцність.

Отже, огляд наукових джерел свідчить про значний негативний вплив олив на бетон, однак також підкреслює, що його можна частково мінімізувати шляхом застосування сучасних технологій. Це відкриває перспективи для майбутніх досліджень та розробки нових матеріалів і методів, які дозволять підвищити довговічність залізобетонних конструкцій у агресивних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борзяк О., Плугін А., Чепурна С. Вплив добавки високодисперсного кальциту на корозійну стійкість цементних композитів. *VIII Міжнар. наук.-техн. конф.* (м. Харків, 20–22 листопада 2019 р.). Харків : УкрДУЗТ, 2019. С. 137–138.
2. Гриньова І., Штухец Д., Желько К., Бартош А. Несуча здатність пошкоджених залізобетонних конструкцій. *Молодий вчений*. 2022. № 11 (111). С. 1–3.
3. Клименко Є., Полянський К. Експериментальні дослідження напружено-деформованого стану пошкоджених залізобетонних балок. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 76. С. 24–30.
4. Черненко В. Технологія будівельного виробництва. Київ : Вища школа, 2014. 425 с.
5. Якименко О., Кондращенко О., Атинян А. Бетонні роботи : монографія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 275 с.
6. Ярмоленко М. Технологія будівельного виробництва. Київ : Вища школа, 2018. 322 с.
7. Cherpurna S. Concretes, Modified by the Addition of High-Diffused Chalk, for Small Architectural Forms. *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 968. Pp. 82–88.
8. Darquennes A., Khokhar M., Rozière E. Early age deformations of concrete with high content of mineral additions. *Construction and Building Materials*. 2011. Vol. 25, is. 4. Pp. 1836–1847.
9. Diab H. Compressive strength performance of low- and high-strength concrete soaked in mineral oil. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 33. Pp. 25–31.
10. Dvorkin L., Zhitkovsky V., Ribakov Y. Concrete and Mortar Production Using Stone Sifting. *CRC Press Taylor and Frensis group*. 2018. Pp. 158–167.
11. Kameche Z., Ghomari F., Choiniska M., Khelidj A. Assessment of liquid water and gas permeabilities of partially saturated ordinary concrete. *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 65. Pp. 551–565.
12. Kostyuk T., Vinnichenko V., Plugin A., Borziak O., Iefimenko A. Physicochemical studies of the structure of energy-saving compositions based on slags. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 1021. Pp. 93–98.
13. Maia L., Figueiras J. Early-age creep deformation of a high strength self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 34. Pp. 602–610.
14. Rollo B., Hosek Y. The Desinted ration of concrete by oils. *Durability of concrete*. Prague : Czechoslovak Akademy of Sciences, 1962. Pp. 21–34.
15. Salau M. Long-term deformations of laterized concrete short columns. *Building and Environment*. 2003. Vol. 38, is. 3. Pp. 469–477.
16. Yurtdas I., Xie S., Burlion N. Influence of chemical degradation on mechanical behavior of a petroleum cement paste. *Cement and Concrete Research*. 2011. Vol. 41, is. 4. Pp. 412–421.

17. Zhang J., Weissinger E., Peethamparan S., Scherer G. Early hydration and setting of oil well cement. *Cement and Concrete Research*. 2010. Vol. 40, is. 7. Pp. 1023–1033.

REFERENCES

1. Borziak O.S., Plugin A.A. and Chepurna S.M. *Vplyv dobavky vysokodispersnoho kal'tsytu na korozivnu stiykist' tsementnykh kompozytiv* [Influence of high-dispersed calcite addition on the corrosion resistance of cement composites]. *VIII Mizhnar. nauk.-tekhn. konf.* [VIII International Scientific and Technical Conference]. Kharkiv, November 20–22, UkrDUZT Publ., 2019, pp. 137–138. (in Ukrainian).
2. Hryniova I., Shukheta D., Zhelko K. and Bartosh A. *Nesucha zdattist' poshkodzhennykh zalizobetonnykh konstruktiv* [Load-bearing capacity of damaged reinforced concrete structures]. *Molodyy vchenyy* [Young Scientist]. 2022, no. 11 (111), pp. 1–3. (in Ukrainian).
3. Klymenko Ye.V. and Polyansky K.V. *Eksperymental'ni doslidzhennya napruzhenno-deformovanoho stanu poshkodzhennykh zalizobetonnykh balok* [Experimental research on the stress-strain state of damaged reinforced concrete beams]. *Visnyk Odes'koi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2019, no. 76, pp. 24–30. (in Ukrainian).
4. Chernenko V. *Tekhnolohiya budivl'noho vyrobnytstva* [Technology of Construction Production]. Kyiv : Vyshcha Shkola Publ., 2014, 425 p. (in Ukrainian).
5. Yakymenko O.V., Kondrashchenko O.V. and Atinyan A.O. *Betonni roboty : monohrafiya* [Concrete Works : monograph]. Kharkiv : KNUMG named after O.M. Beketov, 2017, 275 p. (in Ukrainian).
6. Yarmolenko M. *Tekhnolohiya budivl'noho vyrobnytstva* [Technology of Construction Production]. Kyiv : Vyshcha Shkola Publ., 2018, 322 p. (in Ukrainian).
7. Chepurna S. Concretes, Modified by the Addition of High-Diffused Chalk, for Small Architectural Forms. *Materials Science Forum*. 2019, vol. 968, pp. 82–88.
8. Darquennes A., Khokhar M. and Rozière E. Early age deformations of concrete with high content of mineral additions. *Construction and Building Materials*. 2011, vol. 25, is. 4, pp. 1836–1847.
9. Diab H. Compressive strength performance of low- and high-strength concrete soaked in mineral oil. *Construction and Building Materials*. 2012, vol. 33, pp. 25–31.
10. Dvorkin L., Zhitkovsky V. and Ribakov Y. *Concrete and Mortar Production Using Stone Sifting*. CRC Press Taylor and Francis group, 2018, pp. 158–167.
11. Kameche Z., Ghomari F., Choinska M. and Khelidj A. Assessment of liquid water and gas permeabilities of partially saturated ordinary concrete. *Construction and Building Materials*. 2014, vol. 65, pp. 551–565.
12. Kostyuk T., Vinnichenko V., Plugin A., Borziak O. and Iefimenko A. Physicochemical studies of the structure of energy-saving compositions based on slags. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*. 2020, vol. 1021, pp. 93–98.
13. Maia L. and Figueiras J. Early-age creep deformation of a high strength self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*. 2012, vol. 34, pp. 602–610.
14. Rollo B. and Hosek Y. The Desinted ration of concrete by oils. *Durability of concrete*. Prague : Czechoslovak Academy of Sciences, 1962, pp. 21–34.
15. Salau M. Long-term deformations of laterized concrete short columns. *Building and Environment*. 2003, vol. 38, is. 3, pp. 469–477.
16. Yurtdas I., Xie S. and Burlion N. Influence of chemical degradation on mechanical behavior of a petroleum cement paste. *Cement and Concrete Research*. 2011, vol. 41, is. 4, pp. 412–421.
17. Zhang J., Weissinger E., Peethamparan S. and Scherer G. Early hydration and setting of oil well cement. *Cement and Concrete Research*. 2010, vol. 40, is. 7, pp. 1023–1033.

Надійшла до редакції: 12.03.2025.