

7. **Марюта А. Н.** Обоснование принципов построения оптимальных комбинированных САУ на магнитообогатительных фабриках // Вісник Криворізького технічного університету. – 2005. – № 6. – С. 152-155.
8. **Фарис Самир Расми Альхори, Алексеев М. А.** Автоматизированный контроль степени заполнения барабанных мельниц рудой // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2014. – № 4. – С. 13-19.
9. **Кондратець В. О., Сербул О. М.** Обґрунтування системи комп'ютерної ідентифікації та регулювання розрізнення пульпи у кульових млинах з циркулюючим навантаженням // Вісник Криворізького національного університету. – 2013. – Вип. 34. – С. 45-50.
10. **Туз А. А., Санаева Г. Н., Пророков А. Е.** Управление технологическими процессами измельчения и основные направления их автоматизации // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. – Том 8(2). – С. 37-44.
11. **Штовба С. Д.** Проектирование нечетких систем средствами Matlab. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
12. **Abonyi J., Nagy L., Szeifert F.** Hybrid fuzzy convolution modelling and identification of chemical process systems // International Journal of Systems Science. – 2000. – №31. – P. 457-466.

Рукопис подано до редакції 28.10.2022

УДК 691.32

Н. В. АСТАХОВА, В. І. АСТАХОВ, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШЛАКОПЕМЗОБЕТОНУ ТА ШЛАКОБЕТОНУ ДЛЯ ОДНОШАРОВОЇ ПАНЕЛІ ДАХУ З БЕЗРУЛОННОЮ ПОКРІВЛЕЮ ТА ТЕПЛИМ ГОРИЩЕМ

Мета. Отримання шлакопемзобетону та шлакобетону з підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, шляхом модифікації його структури введенням добавки ПАР. З метою поліпшення умов експлуатації покрівлі житлових будинків за рахунок ліквідації її перетинів випусками вентиляційних каналів, каналізації і т. д. та зниження тепловтрат будівлі, знаходить широке застосування в типових проектах конструкція даху з теплим горищем.

До переваг даху з теплим горищем слід віднести покращення вентиляції житлових приміщень, простоту конструкції, можливість підвищення заводської готовності елементів та зниження трудовитрат на будівництво, підвищену надійність покрівлі, зниження тепловтрат будівлі, можливість огляду та ремонту.

Збірні залізобетонні дахи з безрулонною покрівлею над теплим горищем поєднують в собі переваги дахів з безрулонною покрівлею, та дахів з теплим горищем. Матеріал панелі такого даху, крім необхідних характеристик морозостійкості, водонепроникності, міцності на стиск і розтяг та ін., повинен забезпечувати достатній для умов роботи горища опір теплопередачі.

Методи дослідження. У якості основних методів використані стандартні методи визначення водопроникнення та руйнуючі методи оцінки міцності при стиску бетону стандартних зразків.

Наукова новизна. Експериментально підтверджена можливість модифікації властивостей шлакопемзобетону та шлакобетону введенням до його складу добавки ПАР, що призводить до поліпшення структури бетону на шлакових матеріалах, що підтверджується зміною проникності бетону та підвищенням його міцності на стиск.

Практичне значення. Отримані шлакопемзобетон та шлакобетон, які володіють підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, за рахунок модифікації його структури шляхом введення добавки ПАР, що особливо важливо для бетону конструкції даху.

Результати. На основі виконаних досліджень було виявлено, що максимальне підвищення міцності на стиск та зниження показника водопроникності шлакобетону викликає введення до його складу добавки ПАР в кількості 0,03 % від сумарної маси цементу та меленого шлаку.

Ключові слова: мелений гранульований шлак, шлакопемзобетон, одношарові конструкції даху з безрулонною покрівлею над теплим горищем.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-105-110

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Бетон панелей даху знаходиться в складних умовах безпосереднього впливу комплексу зовнішніх атмосферно - кліматичних факторів. Він піддається поперемінному зволоженню та висушуванню, заморожуванню та відтаюванню, сезонним та добовим коливанням температури та іншим впливам.

Недостатня надійність покрівельних мастичних та лакофарбових матеріалів обумовлює необхідність частого оновлення останніх, та визначає несприятливі умови експлуатації підпокрівельного шару бетону. Тому в даний час, разом із удосконаленням атмосферостійких покрівельних матеріалів, доцільно та актуально продовжувати дослідження водонепроникного, морозостійкого, довговічного бетону для конструкцій даху без поверхневої гідроізоляції [1 - 4].

Бетон конструкцій даху повинен задовольняти складній сукупності експлуатаційних вимог: міцності на стиск, що відповідає класу В 25 – В 30, водонепроникності не менше W-6, високій морозостійкості, не менше F 200 - 300, підвищеній тріщиностійкості [5].

Шлакова пемза та гранульований доменний шлак добре відомі та широко застосовуються в якості пористих заповнювачів для легкого та полегшеного бетону, що використовуються в огорожувальних та несучих конструкціях повнозбірних житлових будинків та в інших галузях будівництва. Питомі капітальні витрати на організацію виробництва шлакової пемзи в 2 рази, а середньогалузева вартість 1 м³ більш ніж в п'ять разів нижча відповідних показників керамзитового гравію [6].

Аналіз досліджень і публікацій. Обов'язковими компонентами сучасного функціонального бетону, за даними [7], є активні дрібнодисперсні мінеральні наповнювачі (наприклад, мікрокремнезем, метакаолін, золи або композиції з них) та високоефективні суперпластифікатори. Оптимальна комбінація цих добавок-модифікаторів дозволяє контролювати реологічні властивості бетонних сумішей та модифікувати структуру цементного каменю на мікрорівні, щоб забезпечити властивості бетону, які гарантують високу експлуатаційну надійність конструкцій [7].

Отримані властивості бетону – результат складних колоїдно-хімічних та фізичних процесів, що впливають на фазовий склад, пористість і міцність цементного каменю [8–12]. Для модифікованого бетону характерні висока і надвисока міцність, низька проникність і екзотермічність, підвищена корозійна стійкість і довговічність, поліпшені деформаційні характеристики [7].

Для виробництва бетону, як відзначається в роботі [7], як реакційно-здатні порошки використовували золу видалення ТЕС, дрібнозернисту фракцію відходів збагачування залізної руди і мелені до питомої поверхні (300±25) м²/кг доменний гранульований шлак та річковий пісок.

На відміну від багатьох країн, більш ніж 95 % відходів, які утворюються та накопичуються в Україні, за даними [13], це промислові відходи, і їх найбільшу частину складають відходи чорної металургії. На окремих підприємствах цієї галузі їх утворюється до 80 видів, а в цілому обсяг технологічних відходів дорівнює об'єму основного виробництва [13]. Так, при виплавці 1 т сталі залежно від внутрішньої інфраструктури підприємств і їх оснащеності сучасним обладнанням, утворюється 1,5 т вторинної сировини [14].

Більша частина відходів містить шкідливі для навколишнього природного середовища та людини речовини [13]. Окрему проблему серед маси відходів чорної металургії становлять шлаки, яких щорічно утворюється 11-12 млн. т [13]. Незважаючи на свою ресурсну цінність, 54,5 % загальної кількості цих шлаків розміщено у відвалах або тимчасових складах, і тільки 45,5 % – утилізується [13].

Обсяг накопиченої в Україні металургійної відвальної маси, як відзначається в [13], дорівнює 2 млрд т, під складування якої зайняті площі понад 16 тис. га, проте наповненість існуючих сховищ обумовлює необхідність постійного відведення нових територій [15].

Технологічні питання утилізації металургійних шлаків [13] достатньо досліджені [16, 17], зокрема, щодо відходів доменного виробництва [18, 19] в багатьох працях вітчизняних і зарубіжних вчених [20-22]. Запропоновано достатньо технологічних і конструктивних рішень для більш ефективного використання металургійних шлаків як сировини у декількох напрямках [13].

Ефективне енергозбереження передбачає зменшення вмісту в цементі клінкерної складової за рахунок введення мінеральних додатків, тобто розширення випуску композиційних цементів [23]. Композиційні цементы - це продукт сумісного тонкого помелу у кульових млинах портландцементного клінкеру, природного гіпсу та активних мінеральних добавок різної природи активності. Вміст портландцементного клінкеру в таких цементах змінюється у межах від 64 до 20 мас. % [23].

Зменшення вмісту клінкерної складової в цементі, як відзначається в [23], знижує вартість кінцевого продукту, а при правильному підборі мінеральних добавок дозволяє отримувати матеріали без погіршення будівельно-технічних властивостей [24]. Саме тому у світі постійно збільшується об'єми виробництва таких в'язучих [23].

Як відзначається в роботі [25], найбільша кількість небезпечних відходів утворюється на гірничо-збагачувальних комбінатах та металургійних підприємствах. Відходи металургійних підприємств забруднюють довкілля пилом, шкідливими газами й стічними водами. Домни, сталеплавильні та коксові печі тощо дають чимало небезпечних відходів [25]. Наприклад, по ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча», який входить до десятки основ-

них забруднювачів доквілля, тільки гранульованих доменних шлаків за 2019 р. було утворено 2228999 т, утилізовано ж всього 84500 т, передано для утилізації 439836,85 т [25]. Загальний обсяг цих шлаків, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах становить 17492394,42 т [26, с. 218]. На цьому ж підприємстві за 2019 р. було зібрано від виробників доменних шлаків (не гранульованих) рядових для дорожнього будівництва 1620228,56 т, видалено 1620228,56 т. Загальний обсяг цих шлаків, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах становить 1864450,791 т [26, с. 226].

У сучасних економічних умовах особливо гостро постала проблема підвищення ефективності виробництва товарного і конструкційного бетону, який повинен характеризуватись не лише необхідним і достатнім рівнем будівельно-технічних властивостей, але і бути ефективним за економічними показниками [27]. Важливим резервом підвищення економічності продукції в технології бетону є цемент з мінеральними добавками і, зокрема, з добавкою доменного гранульованого шлаку [28, 29]. Його використання в технології цементу і бетону є обґрунтованим і відповідає сучасним тенденціям розвитку технологій, спрямованих на економію паливно-енергетичних та матеріальних ресурсів, на широке залучення у будівельну галузь відходів виробництва [27]. Як відзначено в [27], додавання до портландцементу доменного гранульованого шлаку зменшує частку найбільш енергоємної клінкерної складової і здешевлює цемент [30].

Постановка завдання. Метою дослідження є отримання шлакопемзобетону та шлакобетону з підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, шляхом модифікації його структури введенням добавки ПАР.

Викладення матеріалу та результати. В галузі досліджуваних структур шлакопемзобетону та шлакобетону, потрібно було виявити раціональні модифікації для більш глибокого аналізу, з метою визначення можливості їх використання в одношарових конструкціях даху з безрулонною покрівлею над теплим горищем.

Оскільки збільшення вмісту цементу зумовлює підвищення коефіцієнта теплопровідності та вартості бетону при одночасному зниженні показника водопроникності, витрата дисперсної складової обмежена величиною, що забезпечує допустиму проникність бетону W_6 або $K_w=0,28 - 0,3$ г/см². В той же час зниженню проникності та коефіцієнта теплопровідності бетону на шлакових матеріалах при незмінній витраті цементу буде сприяти введення до його складу добавки меленого до тонкості помелу цементу гранульованого доменного шлаку. Решта показників R , λ , γ розглядаються на рівні значень змінних факторів, що відповідають вказаній величині K_w , та забезпечують мінімум теплопровідності та витрати цементу.

На підставі вищевикладеного, для проведення подальших досліджень були прийняті шлакопемзобетон ГК-20 з витратою портландцементу М 400 у кількості 300 кг/м³ та меленого гранульованого шлаку 250-300 кг/м³; шлакопемзобетон ГК-10 з витратою портландцементу М 400 і меленого шлаку, відповідно, 300 кг/м³ та 280-300 кг/м³ та шлакобетон на гранульованому доменному шлаку з вмістом в'язучого 300-350 кг/м³ та меленого гранульованого шлаку 270-300 кг/м³.

Результати викладених раніше досліджень визначають умови отримання високоміцного, малопроникного шлакопемзобетону та шлакобетону з відносно низьким коефіцієнтом теплопровідності без застосування добавок поверхнево-активних речовин (ПАР). Для уточнення ефекту та оцінки впливу добавки ПАР на властивості бетону на шлакових матеріалах для одношарових конструкцій даху з безрулонною покрівлею над теплим горищем, був проведений експеримент з введенням до складу бетонної суміші метилсиліконату натрію (ГКЖ-11).

Метилсиліконат натрію був прийнятий в якості хімічної добавки до бетону конструкцій даху з огляду на те, що разом зі створенням пластифікуючого ефекту, підвищенням зв'язності та однорідності бетонної суміші, ГКЖ-11 підвищує морозостійкість не менш ніж в 1,5-2 рази, міцність бетону на розтяг, його тріщиностійкість, водонепроникність, не впливаючи негативно на зчеплення бетону з арматурою [31], підвищує його стійкість до попереминого зволоження та висушування [32], що особливо важливо для бетону конструкцій даху.

З метою виявлення оптимального вмісту добавки ГКЖ-11, були виготовлені зразки бетону для дослідження міцності на стиск та показника водопроникності розміром 150×150×150 мм, з вмістом ГКЖ-11 в кількості 0,01; 0,02; 0,03; 0,05 та 0,07 % від сумарної ваги цементу та меленого гранульованого шлаку. Досліджувались бетони раніше встановлених раціональних структур.

З метою виявлення причин зниження проникності бетону з підвищенням кількості дисперсної частини, шлакопемзобетон ГК-10 був досліджений за допомогою скануючого електронного мікроскопу (рис. 1).

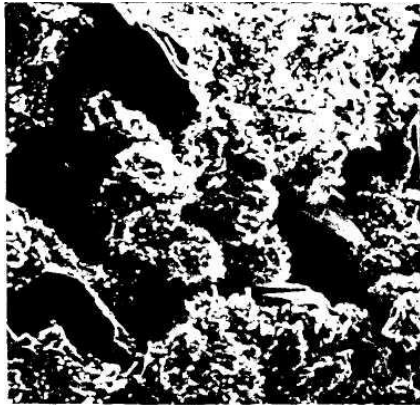


Рис. 1. Мікроструктура розчинної частини шлакопемзобетону, зразок ШП 103м, $\times 3000$

Результати дослідження, представлені на рис. 1, свідчать про те, що максимальне підвищення міцності на стиск та зниження показника водопроникності шлакобетону викликає введення до його складу добавки ГКЖ-11 в кількості 0,03 % від сумарної маси цементу та меленого шлаку.

Отримані результати досліджень по оптимальному вмісту добавки ГКЖ-11 для бетону класу В 25 відповідають загальним закономірностям, визначеним авторами [33].

Зі збільшенням витрати добавки ГКЖ-11 від 0 до 0,03 %, при однаковій легкоукладальності бетонної суміші, міцність шлакопемзобетону ГК-20 у віці 28 днів збільшується на 4,2 % (рис. 2). Подальше збільшення вмісту добавки призводить до зниження міцності бетону.

Шлакопемзобетон ГК-10, з вмістом добавки ГКЖ-11 в кількості 0,03 %, має міцність на стиск на 5,3 % більше, ніж бездобавочний зразок, а шлакобетон - на 8,2 % більше в порівнянні з контрольним зразком (рис. 2).

На думку авторів [33], пластифікуючий ефект кремнійорганічних рідин може бути пояснений змазуючою дією тонких адсорбційних шарів та збільшенням об'єму цементного тіста при повітровтягуванні, що призводить до більш компактного розміщення зерен заповнювача в бетоні.

З рис. 2 видно, що характер залежності проникності бетону, що містить добавку ГКЖ-11 в межах від 0 до 0,07 %, відповідає зміні міцності на стиск шлакобетону за законом створу.

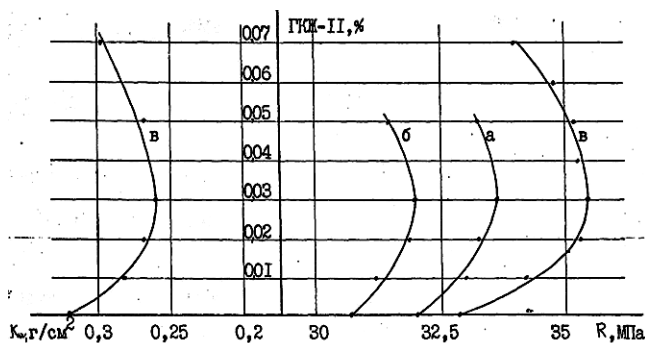


Рис. 2. Залежність міцності при стиску (R) та показника водопроникності (K_в) бетону на шлакових матеріалах від витрати добавки ГКЖ-11: а - шлакопемзобетон ГК-10; б - шлакопемзобетон ГК-20; в - шлакобетон

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, загальне поліпшення структури бетону на шлакових матеріалах, викликане введенням до його складу добавки ГКЖ-11, підтверджується зміною проникності бетону.

Мінімальне значення показника водопроникності має бетон з вмістом добавки ГКЖ-11 в кількості 0,03% від маси цементу та меленого шлаку.

Список літератури

1. Дмитриев А. С. Обеспечение долговечности бетона конструкций безрулонной кровли /А.С. Дмитриев// Опыт проектирования, изготовления и применения безрулонных крыш в гражданском строительстве. - Ташкент, 1980. - С. 8-9.
2. Исхаков Р. С. Требования к бетонам для изготовления конструкций сборных безрулонных крыш / Р. С. Исхаков // Опыт проектирования, изготовления и применения безрулонных крыш в гражданском строительстве. – Ташкент, 1980. - С. 6-7.
3. Мартиросов Г. М., Звездов А. И. Шлакобетон на напрягающем цементе для конструкций беспокровной крыши / Г. М. Мартиросов, А. И. Звездов // Опыт проектирования, изготовления и применения безрулонных крыш в гражданском строительстве. – Ташкент, 1980. - С. 10-11.
4. Ходжаев С. А. Технологические особенности напрягающего керамзитобетона для железобетонных кровельных панелей безрулонных крыш. - Дисс... канд. техн. наук. – М. - Ташкент: 1960. - 224 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-213:2016 Настанова з проектування, улаштування та експлуатації індустріальних безрулонних дахів житлових та громадських будинків. - На заміну ДБН 338-92; введ. 01.04.2017 – К.: Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ), 2017.
6. Шлакопемзобетон в индустриальном строительстве / Под редакцией Н. Я. Спивака // – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1979. – 116 с.

7. **Шишкіна О. О., Шишкін О. О.** Вплив міцел, наповнених реакційними порошками, на міцність бетону / **О. О. Шишкіна, О. О. Шишкін** // Нові технології в будівництві. – 2021. Вип. 39. – С. 61 – 68.
8. **Капрієлов С. С., Кардунян Г. С.** Нові модифіковані бетони в сучасних спорудах / **С.С. Капрієлов, Г.С. Кардунян** // Бетон і залізобетон. 2011. № 2. С. 78–82.
9. **Капрієлов С. С., Шейнфельд А. В., Кардунян Г. С.** Нові модифіковані бетони / **С.С. Капрієлов, А. В. Шейнфельд, Г. С. Кардунян** // М., 2010. 258 с.
10. **Фролов А. В., Чумадова Л. І., Черкашин А. В., Акімов Л. І.** Экономичность использования и влияние наноразмерных частиц на свойства легких высокопрочных бетонов / **А. В. Фролов, Л. І. Чумадова, А. В. Черкашин, Л. І. Акімов** // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 19. С. 51–61.
11. **Толстой А.Д., Лесовік Б.К., Загороднюк І.Х., Ковальова І.А.** Порошкові бетони із застосуванням техногенної сировини / **А.Д. Толстой, Б.К. Лесовік, І.Х. Загороднюк, І.А. Ковальова**//Вісник МГСУ. 2015. № 1. С. 101–109
12. **Сопов В.П., Ткачук А. Л.** Вплив мінеральних домішок на структуроутворення цементного каменя / **В.П. Сопов, А. Л. Ткачук** // Науковий вісник будівництва. № 66. 2011. С. 250–254.
13. **Лепа В. В., Прогнімак О. Д.** Проблеми утилізації доменних шлаків у контексті переходу до циркулярної економіки / **В. В. Лепа, О. Д. Прогнімак** // Економічний вісник Донбасу. – 2021. Вип 1 (63). – С. 129 – 145.
14. **Назюта Л. Ю., Смотров А. В., Губанова А. В., Корнев Г. В.** Структура образования и рециклинг технологических отходов на металлургических предприятиях полного цикла / **Л. Ю. Назюта, А. В. Смотров, А. В. Губанова, Г. В. Корнев** // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2011. Вип. 4. - С. 44 - 54.
15. Как увеличить использование шлаков в Украине: три совета. URL: <https://re-solutions.com.ua/ru/yak-zbilshyty-vykorystannny-a-shlakiv-v-ukrayini-try-porady/>.
16. **Моссур П. М., Негода С. В.** Техногенное минеральное сырье и его использование в Украине / **П. М. Моссур, С. В. Негода** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2007. Вип. 6. - С. 299 - 307.
17. **Хоботова Э. Б., Уханева М.И., Грайворонская И.В.** и др. Утилизация металлургических шлаков в качестве технических материалов / **Э. Б. Хоботова, Уханева М.И., Грайворонская И.В.** и др. // 36. наук. Ст. III Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2011). Вінниця: ВНТУ. 2011. Т. 1. С. 114-116.
18. **Романенко А. В., Гордийчук Л. Ф., Николаева И. В.** Экологическая оценка размещения и переработки шлаков металлургического предприятия. Вестник Криворожского национального университета. 2012. Т. 1. №. 31-1. С. 105- 109.
19. **Касимов А. М., Решта Е. Е.** Проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине. Экология и промышленность. 2011. №. 1. С. 65- 69.
20. **Ozbay E., Erdemir M., Durmu H.** Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties–A review. Construction and Building Materials. 2016. Vol. 105. P. 423-434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.153>.
21. **Хоботова Э. Б., Калмыкова Ю. С.** Защита окружающей природной среды при утилизации отвальных доменных шлаков в производстве строительных материалов: монография. Харьков. ХНАДУ, 2014. 233 с.
22. **Das B.** et al. Effective utilization of blast furnace flue dust of integrated steel plants. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection, Vol. 2, No. 2. P. 61-68.
23. **Сокольников В.Ю.** Композиційні цементні з силікатними добавками різної структури. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2019.
24. **Саницький М.А.** Сучасні тенденції розвитку малоенерговмісних цементів // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні тенденції розвитку і виробництва силікатних матеріалів». – Львів. – 2016. – С. 85-86.
25. **Кочешкова І. М.** Зарубіжний досвід утворення та використання доменних шлаків / **І. М. Кочешкова** // Економічний вісник Донбасу. – 2020. № 2 (60). – С. 181 – 186.
26. Екологічний паспорт Донецької області. 2019 рік. URL: http://ecology.donoda.gov.ua/wp-content/uploads/2020/07/ЕКОПАСПОРТ-НА-САЙТ_2019_-1.pdf.
27. **Соболь Х. С., Марків Т. Є., Петровська Н. І., Гідей В. В.** Аналіз ефективності використання тонкомеленого доменного гранульованого шлаку в бетоні / **Х. С. Соболь, Т. Є. Марків, Н. І. Петровська, В. В. Гідей** // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – 2019. - № 912. - С. 169-174.
28. **Дворкін Л. Й., Пушкарьова К. К., Дворкін О. Л. та ін.** Використання техногенних продуктів у будівництві: навч. посіб. / **Л. Й. Дворкін, К. К. Пушкарьова, О. Л. Дворкін та ін.** – Рівне: НУВГП, 2009. – С. 39–46.
29. **Stark J.** Production and use of slag-containing NA (low alkali) cements. VDZ CONGRESS 2002/ Process Technology of Cement Manufacturing. Dusseldorf. 2003. – P. 46–52.
30. **Саницький М. А., Марків Т. Є., Кропивницька Т. П.** Вплив добавки доменного гранульованого шлаку на формування структури і властивостей модифікованого цементного каменя і бетону / **М. А. Саницький, Т. Є. Марків, Т. П. Кропивницька** // Популярно о цементах и бетонах-2012 : междунар. конф., [Днепропетровск, 2012 г.]. – Днепропетровск, 2012. – С. 56–70.
31. **Чеховский Ю.В.** Исследование структуры пор и проницаемости, цементного камня, - Дис... канд. техн. наук. - М.: 1962. - 267 с.
32. **Чеховский Ю. В.** Понижение проницаемости бетона / **Ю. В. Чеховский** // М.: Энергия, 1968. – 190 с.
33. **Горчаков Г. И., Ортлихер Л. П., Лифанов И. И., Мурадов Э. Г.** Повышение трещиностойкости и водостойкости легких бетонов для ограждающих конструкций / **Г. И. Горчаков, Л. П. Ортлихер, И. И. Лифанов, Э. Г. Мурадов** // М.: Стройиздат, 1971. - 158 с

Рукопис подано до редакції 28.10.2022