

УДК 69.057.5

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.310821.17.786

ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ОПАЛУБОЧНИХ СИСТЕМ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ БЕТОННОЇ СУМІШІ

БІЛОКОНЬ А. І.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
КОВТУН-ГОРБАЧОВА Т. А.², *канд. техн. наук, доц.*,
КАПШУК О. А.³, *канд. техн. наук, доц.*

^{1*} Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

² Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-61, e-mail: kovtun-horbachova.tetiana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0948-1299

³ Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: kapshuk.olha@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0701-2720

Анотація. *Постановка проблеми.* Пропонуються шляхи зменшення техніко-економічних показників у монолітному домобудуванні із застосуванням розбірно-переставних опалубок. Розглядається можливість підвищення ефективності використання розбірно-переставних опалубок за рахунок скорочення термінів набору міцності бетоном. *Об'єкт дослідження* – процеси виробництва з використанням опалубних систем для каркасно-монолітного будівництва. *Предметом дослідження* постають показники технологічності використання опалубних систем. *Мета науково-прикладного дослідження* – показати можливості підвищення технологічності будівництва шляхом забезпечення нормативної оборотності опалубки за рахунок інтенсифікації твердіння бетону за каркасно-монолітного будівництва зі скороченням строків набору міцності бетоном. *У результаті* сформульовано область подальших досліджень, запропоновано шляхи зменшення основних техніко-економічних показників, доведено доцільне теоретичне обґрунтування подальших обчислювальних експериментів

Ключові слова: *монолітне домобудування; розбірно-переставна опалубка; техніко-економічні показники; ефективність; технологічність; набір міцності бетоном*

TECHNOLOGICALITY OF FORM SYSTEMS AT DIFFERENT METHODS OF CONCRETE PREPARATION

BILOKON A.I.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KOVTUN-HORBACHOVA T.A.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
KAPSHUK O.A.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-08-44, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

² Department of Metals, Woods and Plastics Constructions, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-61, e-mail: kovtun-horbachova.tetiana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0948-1299

³ Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-08-44, e-mail: kapshuk.olha@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0701-2720

Abstract. It is shown that many scientific publications and researches in the field of monolithic house-building are devoted to increase of efficiency of use of formwork systems as the most labor and economically expensive area. It is noted that up to 50 % of the costs are for formwork, including the cost of renting or purchasing, its installation, maintenance, storage and remuneration. It is presented that with the development of formwork systems their technology is improved, in particular the regulatory framework is improved to reduce the complexity of the work, adjustments are made to the size of the formwork, it becomes more uniform, reduces the number of connections, increases the turnover of formwork systems, which also reduces costs. It is shown that a very important issue, inseparable from monolithic housing is the improvement of design with the composition of concrete and concrete mixtures. One of the promising

areas of technology improvement is to reduce the time of the set of design strength. The question of the accelerated set of durability by concrete at hardening is very actual in the conditions of the market and high cost of rent of a timbering. Predicting the accelerated growth of concrete strength, respectively, will establish the morning timing of removal of formwork systems. The graph of dependence of time of a set of durability by concrete, for example at activation of cement suspension in an electromagnetic field in comparison with standard data of hardening is specified. The reduction of the term (days) of keeping concrete in the formwork is shown, it improves the manufacturability of its use, accordingly it causes a reduction of all costs, incl. reduction of construction time and, accordingly, accelerated movement of funds and economic profit due to the earlier commissioning of facilities. The area of perspective researches on establishment of interrelation of indicators of efficiency from parameters of object and technology is formulated. This gives a theoretical justification for further computational experiments. The *object* of research is the production processes with the use of collapsible formwork systems for frame-monolithic construction. The *subject* of the study are indicators of manufacturability of the use of formwork systems. The purpose of scientific and applied research is the ability to show the increase of manufacturability of construction by ensuring the normative turnover of formwork by intensifying the hardening of concrete in frame-monolithic construction with a reduction in the duration of the strength of concrete. As a *result* of research the following tasks were defined: the area of further researches is formulated, ways of reduction of the basic technical and economic indicators are offered, the expedient theoretical substantiation of the further computational experiments is proved.

Keywords: *monolithic house-building; collapsible formwork; technical and economic indicators; efficiency; manufacturability; concrete strength set*

Вступ. У сучасному будівництві застосовується велика кількість технологій та способів зведення будівель. Усі вони мають задовольняти безлічі вимог, що пред'являються до майбутньої будівлі, зокрема: міцність, надійність та швидкість зведення для скорішого досягнення економічного прибутку.

На поточному етапі розвитку будівельного ринку України найбільші переваги віддаються технології каркасно-монолітного домобудування. Поєднання бетону та сталі в одній конструкції дозволяє зводити надійні будівлі різноманітних у плані та просторі архітектурних форм. Більшість забудов виконано саме із застосуванням цієї технології.

Наразі це найбільш прогресивна технологія на території не лише України, а й Європейського союзу. Саме комісія експертів Європейського союзу опублікувала доповідь про тенденції та перспективи розвитку будівництва Європи до 2025 р. [1], де розвитку монолітного будівництва приділялась велика увага. Ця технологія все більше набирає обертів завдяки вдосконаленню основних складових процесів.

Технологія влаштування та зведення конструкцій із монолітного бетону складається з декількох етапів: установлення опалубних систем, улаштування арматурних виробів, процес

бетонування та розбирання опалубної системи.

Протягом використання технології каркасно-монолітного домобудування у будівництві тривають і процеси його модернізації, виявлення місць для оптимізації часу, трудовитрат, енергії тощо.

Багато уваги приділяють якісному складу бетону й процесу приготування бетонної суміші, її поліпшенню для швидкого набору міцності та орієнтації на інші необхідні властивості для потреб конкретного об'єкта будівництва.

Чимало наукових праць присвячено підвищенню ефективності використання опалубки як найбільш трудо- та економічно затратної області [2].

Уже не раз самі виробники опалубки наголошували, що до 50 % витрат припадає саме на опалубні роботи, включаючи оренду чи придбання, її встановлення, обслуговування та заробітну плату [3] (рис. 1).

Закономірно, що саме ця галузь у монолітному будівництві потребує подальшого удосконалення, бо витрати на постійний облік, інвентаризацію, обстеження, заміну пошкоджених елементів та належні умови зберігання також суттєві.

Загалом, із розвитком опалубних систем удосконалюється і їх технологія використання. Вносяться корективи до

нормативної бази, що існує у проектуванні бетону [4; 5].
будівель із застосуванням монолітного

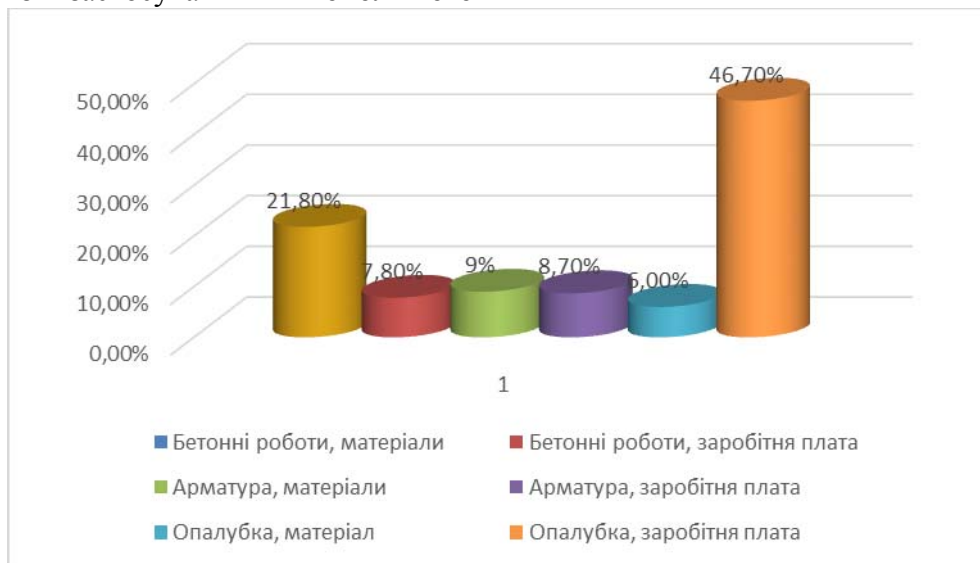


Рис. 1. Розподіл витрат у монолітному будівництві

Для зниження трудомісткості робіт вносяться корективи у типорозміри и вона стає більш уніфікованою, зменшується кількість сполучних деталей. Підвищується оборотність систем опалубки, що сприяє зниженню вартості.

Відповідно, що застосування інвентарної опалубки із зменшеним строком твердіння бетонної суміші до набору розрахункової міцності буде суттєво відбиватися на показниках технологічності зведення будівлі, зокрема, використання опалубних систем.

Найбільш поширена опалубка, що задовольняє всім означеним вимогам, – це розбірно-переставна.

Фірма-виробників даних опалубних систем, представлених на ринку України, велика кількість. Відкриті представництва таких відомих за кордоном фірм як Peti, DoKa, Ulma, також є фірми, що самостійно виготовляють розбірно-переставну опалубку на території нашої країни: Техпром, Центромаш, ТМ «Будмайстер».

Будівельні фірми найчастіше беруть комплекти опалубки в оренду, це вже тривала практика на ринку України. Не завжди обсяги замовлених робіт дозволяють викупити весь потрібний комплект обладнання, а інколи типорозміри на наступних об'єктах дуже різняться і,

відповідно, необхідні вже інші типорозміри або й зовсім інший тип опалубки.

З огляду на вищезазначене, постає питання, як зменшити час оренди, не порушуючи нормативних показників експлуатації опалубки та часу твердіння, витримки бетону в опалубці.

Аналіз публікацій за темою дослідження. Багато статей, підручників, монографій та дисертаційних робіт присвячено питанню будівництва із використанням монолітного бетону, зокрема, опалубних робіт, строків використання, зниження або, навпаки, збільшення показників їх використання.

Їх автори – відомі за часів колишнього СРСР науковці С. Атаєв, Н. Н. Данілов, Б. В. Прикін, А. А. Афанасьєв, О. М. Шміт [6–9.]

Ще одне прогресивне питання, присвячене монолітному будівництву, – удосконалення проектування зі складом бетону. Над цим напрямком працювали та працюють науковці всього світу: С. А. Кржеминский [10], Б. П. Паримбетов [11], В. Б. Ратінов [12], М. І. Хігерович [13], В. Г. Батраков [14], Ф. Л. Глекель [15] та ін.

Один із перспективних напрямків удосконалення – зменшення термінів набору міцності бетоном. За нормальних умов твердіння на повітрі у вологому стані

бетон отримує розрахункову міцність через 28 дів (рис. 2) [16].

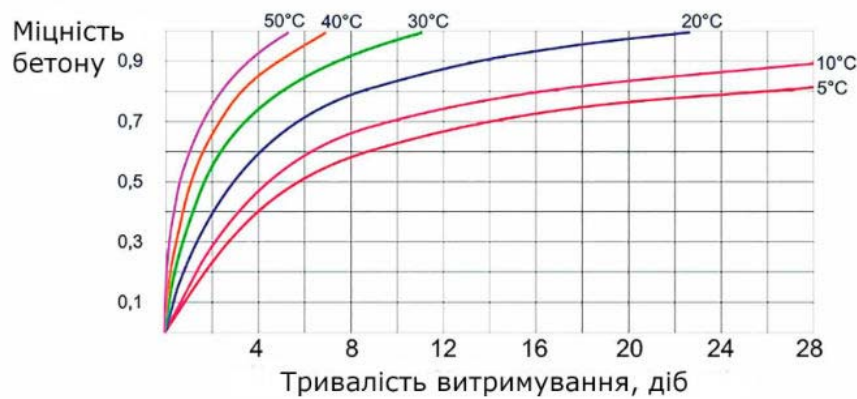


Рис. 2. Графік набору міцності бетоном

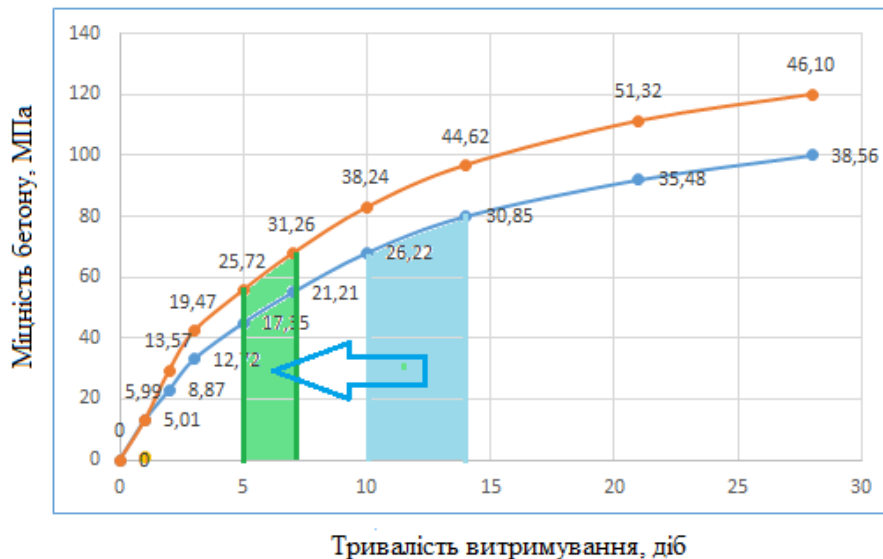


Рис. 3. Графік зміщення набору міцності бетоном за активації цементної суспензії в електромагнітному полі

Логічно, що демонтаж опалубки виконується раніше, ніж бетон набере 100 % міцності. Згідно з нормативними діючими документами мінімальна міцність бетону незавантажених монолітних конструкцій під час розпалублення поверхонь дорівнює 0,2...0,3 МПа для вертикальних конструкцій, за умови збереження форми, та горизонтальних 70...80 %, що дорівнює близько 0,8 МПа.

Основні показники якості бетонної суміші і бетону повинні витримуватися і контролюватися, у т. ч. міцність бетону (на момент розпалублення конструкцій) повинні бути не менше 3,5 МПа для

армованих несних конструкцій, але не менше 50 % проектної міцності.

Відповідно вертикальні конструкції можна розпалублювати через 2 доби, а ось горизонтальні, такі як плити перекриття, лише через 15 дів. Рух робітників по горизонтальній поверхні забетонуваних конструкцій і встановлених опалубних конструкцій, розташованих вище, дозволяється після досягнення бетоном міцності не менше 1,5 МПа.

Отже питання прискореного набору міцності бетоном дуже актуальне в умовах ринку оренди опалубки.



Рис. 4. Взаємозалежність показників ефективності (технологічності) та параметрів об'єкта

Результати дослідження. Процес прискорення твердіння бетону неодноразово розглядався в наукових працях П. В. Кривенка, Л. І. Дворкіна, М. А. Саницького та ін. [17].

Якщо взяти досвід Т. М. Дубова, щодо активації цементної суспензії в електромагнітному полі та його експериментальні дані, що свідчать про швидший набір міцності порівняно з нормативною прогнозоване підвищення міцності становить максимально 28 %. Відповідно, можливе й раніше зняття опалубних систем, коли бетон досягне нормативного значення для зняття опалубки.

Після наведення всіх теоретичних викладок у графічному вигляді чітко протежується скорочення термінів щодо

можливості демонтажу горизонтальних опалубних систем. Скорочення строків використання опалубки відповідно прогнозує зменшення всіх техніко-економічних показників, також скорочення тривалості будівництва та, відповідно, швидший прибуток завдяки ранній здачі об'єкта в експлуатацію.

Висновки. Проаналізовано навчально-нормативну та довідкову літературу. Сформульовано сферу подальших досліджень (рис. 4).

Запропоновано шляхи зменшення основних техніко-економічних показників. Доведено доцільне теоретичне обґрунтування подальших обчислювальних експериментів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаленный В. Т., Капшук О. А. Технологичность разборно-переставных опалубочных систем : монография. Saarbrücken, Deutschland : OmniScriptum GmbH&Co.KG, 2015. 202 с.
2. Капшук О. А. Ресурсозберігаючий розвиток виробництва залізобетонних конструкцій у сучасних системах розбірно-переставних опалубок [Рукопис] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. Дніпро, 2015. 20 с.
3. TRIO. Самая успешная рамная опалубка, требующая всего одну соединительную деталь : выпуск 03/2007: [каталог продукции фирмы Peri]. [Зем Art. Nr.: 791345 Copyright by PERI GmbH]. 88 с.
4. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные : ДБН Д.2.2–6–99. (с изменениями и дополнениями, утвержденными приказом Госстроя Украины от 06 декабря 2002 года № 92). Офиц. изд. Киев : Госстрой Украины, 2000. 69 с. (Государственные строительные нормы Украины).
5. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Сборка и разборка опалубки : ДСТУ Б Д.2.2–1: 2008. Сборник 6 [принят в действие от 28. 02. 2008]. Киев : Минрегионстрой Украины, 2008. 35 с. (Национальный стандарт Украины).

6. Атаев С. С., Данилов Н. Н., Прыкин Б. В., Штоль Т. М., Овчинников Э. В. Технология строительного производства : учеб. для вузов. Москва : Стройиздат, 1984. 599 с.
7. Афанасьев А. А. Интенсификация работ по возведению зданий и сооружений из монолитного бетона. Москва : Стройиздат, 1990. 384 с.
8. Афанасьев А. А. Бетонные работы : учеб. для проф. обучения рабочих на пр-ве. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1991. 288 с.
9. Шмит О. М. Опалубки для монолитного бетона Пер. с нем. Айнгорн Л. М.; под ред. Евдокимова Н. И. Москва : Стройиздат, 1987. 160 с.
10. Кржеминский С. А., Судина Н. К., Варламов В. П. Автоклавная обработка силикатных изделий. Москва: Стройиздат, 1974. 256 с.
11. Паримбетов Б. П. Строительные материалы из минеральных отходов промышленности. Москва : Стройиздат, 1978. 200 с.
12. Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. Москва : Стройиздат, 1989. 188 с.
13. Хигерович М. И., Байер В. Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. Москва : Стройиздат, 1979. 125 с.
14. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : АСВ, 1998. 768 с.
15. Глекель Ф. Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим : монография. Ташкент : ФАН, 1975. 355 с.
16. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 73 с. (Державні будівельні норми України).
17. Дубов Т. М. Бетони з використанням цементної суспензії, активованої в електромагнітному полі. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису : дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби (19 – Архітектура та будівництво). ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Дніпро, 2020. 153 с.

REFERENCES

1. Shalennyj V.T. and Kapshuk O.A. *Tekhnologichnost' razborno-perestavnyh opalubochnyh sistem: monografiya* [Manufacturability disassembled resettable formwork systems : monograph]. Saarbrucken, Deutschland : OmniScriptum GmbH&Co.KG, 2015, 202 p. (in Russian)
2. Kapshuk O.A. *Resursozberigayuchij rozvitok virobnictva zalizobetonnih konstrukcij u suchasnih sistemah rozbirno-perestavnyh opalubok : rukopis* [Development of resource-saving production of reinforced concrete structures in modern systems disassembled resettable formwork] : *avto-ref. dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.08 ; Pridnopr. derzh. akad. bud-va ta arhit.* [Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipro, 2015, 20 p. (in Ukrainian)
3. *TRIO. Samaya uspeshnaya ramnaya opalubka, trebuyushchaya vsego odnu soedinitel'nyuyu detal' : vypusk 03/2007: katalog produkcii firmy Peri* [TRIO. The most successful frame formwork requiring only one connecting part [Peri product catalog]]. [3eb Art. Nr. : 791345 Copyright by PERI GmbH]. 88 p. (in Russian)
4. *Resursnyye elementnyye smetnyye normy na stroitel'nye raboty. Sbornik 6. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstrukcii monolitnyye : DBN D.2.2-6-99 (s izmeneniyami i dopolneniyami, utverzhdenymi prikazom Gosstroya Ukrainy ot 06 dekabrya 2002 goda № 92)* [Resource element estimate norms for construction work. Collection 6. Monolithic concrete and reinforced concrete structures : DBN D.2.2-6-99 (with changes and additions approved by the order of the State Construction Committee of Ukraine dated December 06, 2002, no. 92)]. Ofic. ed. Kyiv : Gosstroy Ukrainy Publ., 2000, 69 p. [State building codes of Ukraine]. (in Russian)
5. *Betonnyye i zhelezobetonnyye konstrukcii monolitnyye. Sbornik 6. Sbornik 6. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstrukcii monolitnyye. Sbornik 6. [prinyat v dejstvie ot 28. 02. 2008]* [Monolithic concrete and reinforced concrete structures. Assembly and disassembly of the formwork : DSTU B D. 2.2-1:2008. Coll. 6. [adopted on 28.02.2008]. Kyiv : Minregionstroj Ukrainy Publ., 2008, 35 p. [National Standard of Ukraine]. (in Russian)
6. Атаев С.С., Данилов Н.Н., Прыкин Б.В., Штоль Т.М. and Овчинников Е.В. *Tekhnologiya stroitel'nogo proizvodstva : uchebnyk dlya vuzov* [Technology of construction production: a textbook for universities]. Moscow : Strojizdat Publ., 1984, 599 p. (in Russian)
7. Афанасьев А.А. *Intensifikaciya rabot po vozvedeniyu zdaniy i sooruzhenij iz monolitnogo betona* [Intensification of works on the construction of buildings and structures from monolithic concrete]. Moscow : Strojizdat Publ., 1990, 384 p. (in Russian)
8. Афанасьев А.А. *Betonnyye raboty : ucheb. dlya prof. obucheniya rabochih na pr-ve* [Concrete works : textbook for prof. training workers in production]. Second ed.. Moscow : Vysshaya shkola Publ., 1991, 288 p. (in Russian)
9. Shmit O.M. *Opalubki dlya monolitnogo betona* [Formwork for monolithic concrete]. Trans. Deutch. Ajngorn L.M.; ed. by Yevdokimova N.I. Moscow : Strojizdat Publ., 1987, 160 p. (in Russian)

10. Krzheminskij S.A., Sudina N.K. and Varlamov V.P. *Avtoklavnaya obrabotka silikatnyh izdelij* [Autoclave treatment of silicate products]. Moscow : Stroizdat Publ., 1974, 256 p. (in Russian)
11. Parimbetov B.P. *Stroitel'nye materialy iz mineral'nyh othodov promyshlennosti* [Building materials from mineral industrial wastes]. Moscow : Strojizdat Publ., 1978, 200 p. (in Russian)
12. Ratinov V.B. and Rozenberg T.I. *Dobavki v beton* [Additives in concrete]. Moscow : Strojizdat Publ., 1989, 188 p. (in Russian)
13. Higerovich M.I. and Bajer V.E. *Gidrofobno-plastificiruyushchie dobavki dlya cementov, rastvorov i betonov* [Hydrophobic-plasticizing additives for cements, mortars and concrete]. Moscow : Strojizdat Publ., 1979, 125 p. (in Russian)
14. Batrakov V.G. *Modificirovannye betony. Teoriya i praktika* [Modified concrete. Theory and practice]. Second ed. Moscow : ASV Publ., 1998, 768 p. (in Russian)
15. Glekel' F.L. *Fiziko-himicheskie osnovy primeneniya dobavok k mineral'nyim vyazhushchim : monografiya* [Physical and chemical bases of application of additives to mineral binders: monograph]. Tashkent : FAN Publ., 1975, 355 p. (in Russian)
16. *DBN V.2.6-98:2009. Konstrukcii budinkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukcii. Osnovni polozhennya* [DBN V.2.6-98:2009. Construction of buildings and construction. Concrete and concrete structures. Basic provisions]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011, 73p. (in Ukrainian)
17. Dubov T.M. *Betoni z vikoristannyam cementnoi suspensii, aktivovanoi v elektromagnitnomu poli* [Concrete with cement suspension, active in the electromagnetic field]. *Kvalifikacijna naukova praca na pravah rukopisu. Disertaciya na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata tekhnichnih nauk (doktora filosofii) za special'nisty 05.23.05 - budivel'ni materialy ta virobi (19 – Arhitektura ta budivnictvo). DVNZ «Pridniprovs'ka derzhavna akademiya budivnictva ta arhitekturi»* [Dissertation on the scientific level of the candidate of technical sciences (Doctor of Philosophy) for specialty 05.23.05 – Educational Materials and Products (19 – Architecture and Business). SHEI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Dnipro, 2020, 153 p. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції : 16.07.2021.