

УДК 692.542.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.280519.89.440

ВПЛИВ НА БЕТОН ПЛАСТИФІКУЮЧИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ БУРОГО ВУГІЛЛЯ І ТОРФУ

ГАННИК М. І.¹, канд. техн. наук, доц.,
МАРТИШ О. П.², канд. техн. наук, доц.,
ГАЙДАР А. М.^{3*}, ст. викладач,
БЕРЕЗЮК А. М.⁴, канд. техн. наук, проф.,
ДОЛОТІЙ М. А.⁵, асистент

¹ Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, +38 (0652) 47-02-98, e-mail: gannik50@mail.ru, ORCID ID: 000 0062 3278 9232

² Кафедра технології будівельного виробництва Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: martysh55@mail.ru, ORCID ID: 0000 0002 6126 1920

^{3*} Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: nastuel_gaidar@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8993-1458

⁴ Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: berezuk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2113-6858

⁵ Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: mrdol@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0105-3633

Анотація. Мета. Дослідити використання вискоєфективних пластифікуючих добавок, які знижують водопотреби бетонних сумішей, змінюють терміни їх схоплення, зменшують водовиділення і розшарування, покращують структуру і фізико-технічні властивості, розчинів які затверділи і бетонів, підвищують їх довговічність. В якості недефіцитної і дешевої сировини для промислового виробництва пластифікуючих добавок доцільно використовувати відходи бурого вугілля при виробництві гірського воску – вуглелужний реагент ВЛР і торф'яний пластифікатор –ТОП. **Методика.** Для модифікації ВЛР і ТОП використовували відходи миловареного масложирового виробництва – підмилені луги (ПЛ), а також нейтралізовані відходи цехів сіркоочистки (НОЦС) коксохімічних виробництв, в результаті чого отримали модифіковані добавки ВЛР–1 і ТОП–2. Підмилений луг утримує в якості активної складової межеві жирні кислоти у вигляді натрієвих солей і, будучи введенні у бетонну суміш без ЦРЛ, надають бетону позитивні властивості (прискорюють затвердіння, підвищують морозостійкість), але мають слабкі пластифікуючі властивості. Аналіз модифікації ВЛР і ТОП, при якому зберігаються їх позитивні властивості при незмінній або підвищеній міцності бетону після ТВО. **Результати.** Проаналізована можливість використання промислових відходів миловарного (або масложирового) і коксохімічного виробництва в якості добавок в бетоні при виготовленні виробів із залізобетону. **Практична значимість.** Застосування комплексних пластифікуючих добавок ВЛР і ТОП–2 дозволяє утилізувати промислові відходи і сприяє охороні навколишнього середовища від забруднення. Добавки ВЛР–1 і ТОП–2 на основі промислових відходів ефективні для отримання високорухомих і литих бетонних сумішей без витрат міцності бетону, зменшення тривалості віброущільнення при формуванні виробів в 1,5...2 рази в порівнянні з бездобавочними бетонними сумішами і покращення якості залізобетонних виробів.

Ключові слова: пластифікуюча добавка; бетон; залізобетон; вуглеводні реагенти; буре вугілля; торф

ВЛИЯНИЕ НА БЕТОН ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ БУРОГО УГЛЯ И ТОРФА

ГАННИК Н. И.¹, канд. техн. наук, доц.,
МАРТЫШ А. П.², канд. техн. наук, доц.,
ГАЙДАР А. М.^{3*}, ст. преподаватель,
БЕРЕЗЮК А. Н.⁴, канд. техн. наук, проф.,
ДОЛОТІЙ М. А.⁵, ассистент

¹ Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: gannik50@mail.ru, ORCID ID: 000 0062 3278 9232

² Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: martysh55@mail.ru, ORCID ID: 0000 0002 6126 1920

^{3*} Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: nastuel_gaidar@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8993-1458

⁴ Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: berezuk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2113-6858

⁵ Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: mrdol@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0105-3633

Аннотация. Цель. Исследовать использование высокоэффективных пластифицирующих добавок, которые снижают водопотребности бетонных смесей, меняют сроки их схватывания, уменьшают водовыделение и расслоение, улучшают структуру и физико-технические свойства растворов, которые затвердели и бетонов, повышают их долговечность. В качестве недефицитного и дешевого сырья для промышленного производства пластифицирующих добавок целесообразно использовать отходы бурого угля при производстве горного воска – углещелочные реагент УЛР и торфяной пластификатор – ТОП. **Методика.** Для модификации УЛР и ТОП использовали отходы мыловаренного масложирового производства – подмыленная щелочь (ПЩ), а также нейтрализованные отходы цехов сероочистки (НОЦС) коксохимических производств, в результате чего получили модифицированные добавки УЛР-1 и ТОП-2. Подмыленная щелочь удерживает в качестве активной составляющей предельные жирные кислоты в виде натриевых солей и, будучи введенными в бетонную смесь без ЦРБ, придают бетону положительные свойства (ускоряют затвердевание, повышают морозостойкость), но имеют слабые пластифицирующие свойства. Анализ модификации УЛР и ТОП, при котором сохраняются их положительные свойства при неизменной или повышенной прочности бетона после ТВО. **Результаты.** Проанализирована возможность использования промышленных отходов мыловаренного (или масложирового) и коксохимического производства в качестве добавок в бетоне при изготовлении изделий из железобетона. **Практическая значимость.** Применение комплексных пластифицирующих добавок УЛР и ТОП-2 позволяет утилизировать промышленные отходы и способствует охране окружающей среды от загрязнения.

Ключевые слова: пластифицирующая добавка; бетон; железобетон; углеводные реагенты; бурый уголь; торф

EFFECT ON CONCRETE OF PLASTICIZING AGENTS BASED ON BROWN COAL AND PEAT WASTES

HANNYK M.I.¹, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
MARTYSH O.P.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
HAIDAR A.M.^{3*}, *Senior Lecturer*,
BEREZIUK A.M.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*,
DOLOTYI M.A.⁵, *Ass.*

¹ Department of Construction Technology, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: gannik50@mail.ru

² Department of Construction Technology, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: martysh55@mail.ru

^{3*} Department of Construction Technology, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: nastuel_gaidar@ukr.net

⁴ Department of Construction Technology, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: mrdol@gmail.com

⁵ Department of Construction Technology, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0652) 47-02-98, e-mail: berezuk@mail.pgasa.dp.ua

Abstract. Purpose. To investigate the use of highly effective plasticizing agents that reduce the water requirements of concrete mixes, change the time of their setting, reduce water release and separation, improve the structure and physical and technical properties of hardened solutions and concrete, increase their durability. As non-deficient and cheap raw materials for the industrial production of plasticizing agents, it is advisable to use brown coal wastes in the production of mountain wax-carbon alkaline reagent (CAR) and peat plasticizer – (PP). **Methods.** For the modification of CAR and PP wastes of soap and oil-and-fat production – soap solutions (SS) as well as neutralized

waste from desulfurization shops of coke production were used. As a result, modified CAR-1 and PP-2 agents were obtained. Soap solution keeps limiting fatty acids in the form of sodium salts as an active component and, being introduced into a concrete mix, it gives concrete positive properties (accelerate hardening, increase frost resistance), but they have weak plasticizing properties. The analysis of the modification of CAR and PP which keeps their positive properties with unchanged or increased strength of concrete. **Results.** The possibility of using industrial waste of soap (or oil and fat) and coke chemical production as agents in concrete in the manufacture of reinforced concrete products is analyzed. **Practical relevance.** The use of complex plasticizers CAR and PP-2 allows to dispose industrial waste and contributes to the protection of the environment from pollution. Agents CAR-1 and PP-2 on the basis of industrial waste are efficient for the production of high-slump and cast concrete mixes without the cost of concrete strength, reducing the vibrocompaction while molding the products by 1.5...2 times compared with plain concrete mixes and improving the quality of reinforced concrete products.

Keywords: *plasticizing agent; concrete; reinforced concrete; hydrocarbon reagents; brown coal; peat*

Введення. Використання високо-ефективних пластифікуючих добавок знижує водопотреби бетонних сумішей, змінює терміни їх схоплювання, зменшує водовиділення і розшарування, покращує структуру і фізико-технічні властивості, розчинів які затверділи і бетонів, підвищує їх довговічність.

В якості недефіцитної і дешевої сировини для промислового виробництва пластифікуючих добавок доцільно використовувати відходи бурого вугілля при виробництві гірського воску – вуглелужний реагент ВЛР і торф'яний пластифікатор – ТОП.

Мета. Дослідити використання високо-ефективних пластифікуючих добавок. Добавки ВЛР і ТОП володіють достатньою розріджуючою дією на бетонні суміші, суттєво сповільнюють схоплювання і затвердіння цементного каменю в початковий період, що погіршує міцність бетону, особливо після ТВО. Тому значну зацікавленість представляє пошук способу модифікації ВЛР і ТОП при якому зберігається їх позитивні властивості при незмінній або підвищеній міцності бетону після ТВО.

Матеріал. Для модифікації ВЛР і ТОП використовували відходи миловареного масложирового виробництва – підмилені лути (ПЛ), а також нейтралізовані відходи цехів сіркоочистки (НОЦС) коксохімічних виробництв, в результаті чого отримали модифіковані добавки ВЛР-1 і ТОП-2.

Підмилений луг утримує в якості активної складової межеві жирні кислоти у вигляді натрієвих солей і, будучи введеном у бетонну суміш без ЦРЛ, надають бетону

позитивні властивості (прискорюють затвердіння, підвищують морозостійкість), але мають слабкі пластифікуючі властивості.

У ВЛР і ТОП функціональними групами являються гідроксильні, карбоксильні, амідні і сульфогрупи. Тому перенасичений розчин гідроксиду кальцію утримує окрім сульфат-іонів, гідроксиду, лугів, кремнезему, глинозему, заліза, також сульфат-іони, які взаємодіючи з гідроксидом, утворюють малорозчинні сполуки. В той же час адсорбційна гідратна оболонка поверхонь частинок цементу сповільнює процес гідрації і гідролізу. Адсорбційний шар, який має колоїдну будову знижує зчеплення частинок один з одним, в результаті чого різко знижується пластична міцність системи, та отримує властивості плинності. Розрідження суміші відбувається і за рахунок того, що сольватний шар, який вкриває цементний гель і позитивний потенціал цементних зерен, відштовхує частинки і полегшує їх ковзання [1].

Модифіковані ВЛР і ТОП-2 підмиленим лугом дозволяють отримати синергетичний ефект, який полягає у збільшенні міцності бетону при високій пластифікації бетонної суміші.

Остання стадія затвердіння характеризується руйнуванням гелевих оболонок і активної кристалізації гідроксиду кальцію, так як адсорбційні шари модифікатора стають проникаючими для води. Внутрішні шари цементних зерен реагують з водою із значним тепловиділенням. Волокна новостворень, проходячи крізь пори, посилюють зчеплення між гідратними фазами і зернами цементу, зменшуючи

розміри і об'єми пор і ущільнюють гелеві оболонки на зернах цементу [2].

Витрати матеріалів, кг/м³ вихідного складу для дослідження ефективності ВЛР-1 слідує: цемент Криворізької марки 400...390, пісок с Мк = 1,5...750, щебень фракції 5...20 мм [3].

Добавку отримали перемішуванням попередньо приготовленого 10 % водного розчину ВЛР з щільністю $\rho=1,043$ г/см³ з підігріванням до $t = 50...70$ °С товарних ПЛ з

концентрацією жирних кислот 2,8 % щільністю $\rho=1,078$ г/см².

Добавки ВЛР = 0,3...0,5 %, ПЛ = 0,05...0,1 % маси цементу в розрахунку на суху речовину вводили в бетонну суміш разом з водою затвердіння.

Методика та результати. Ефективність пластифікуючої дії добавок оцінювали при порівнянні рухомості бетонних сумішей і міцності при стисканні бетонів контрольних (без добавки), з ВЛР і з добавками ВЛР-1 і ТОП (табл. 1)

Таблиця 1

Добавка	Концентрація % маси цементу	В/Ц	О.К., см	R, МПА, через добу	
				1	28
—	—	0,51/0,58	3,5/19	18,3...13,2	29,4/28,0
ВЛР	0,2	0,51/0,56	9/19	14,1/12,8	24,3/24,0
ВЛР-1	0,3 + 0,05	0,51/0,52	23/19	18,3/17,9	30,0/36,0

Примітка: Перед рискою – В/Ц = const, після риси - рівнорухомі бетонні суміші

Аналізом встановлено, що модифікування вуглеводних реагентів підсиленням лугом підвищило ефективність ВЛР.

Раціональні склади бетонних сумішей із комплексною добавкою ВЛР-1 апробовані при виготовленні внутрішніх стінових панелей в заводських умовах на касетній технології у м. Київ (табл. 2).

Таблиця 2

Добавки	Концентрація % маси цементу	Ц, об/м ³	В/Ц	R, МПА	
				кубів	панелей
—	—	404	0,59	11,0/15,0	14,5/20,2
ВЛР	0,2	404	0,57	9,8/14,0	10,0/18,2
ВЛР-1	0,4+0,75	364	0,56	11,2/17,9	18,6/23,0
ВЛР-1	0,5+0,01	364	0,50	12,5/18,3	17,5/24,3

Примітка: Перед рискою – 1 доба, після риси – 28 діб.

Оптимальний режим ТВО касетних виробів з добавкою ВЛР-1 3 + 3 + 5 год при $t_{\text{вир}} = 80...85$ °С при швидкості підняття температури < 20 °С/год.

Аналіз результатів заводських досліджень показав, що міцність виробів з добавкою ВЛР-1 вище, чим з традиційним пластифікатором ВЛР на 30...40 %, при цьому у випадку використання рівно рухових бетонних сумішей витрати цементу знижуються на 10 % (див. табл.)

Висновки. Введення рекомендованої добавки в бетонні суміші, крім того, покращують якість поверхні виробів, що скорочує трудовитрати на опорядження і тривалість віброущільнення в 2 рази.

Необхідно відмітити, що комплексна добавка ВЛР-1 ефективна тільки для м'яких режимів ТВО (тривалість >10 год).

Для прискорення режимів (<10 год) в тому числі для двохстадійної ТВО (перша стадія 6...8 год. з послідовним дозріванням виробів без подачі тепла іззовні)

рекомендується використовувати комплексну пластифікуючу добавку ТОП–2, ефективність якої зростає у випадку використання м'яких одностадійних режимів ТВО. ТОП–2 складається з прискорюванням твердіння бетону – нейтралізованого відходу цеху сіркоочистки (НОЦС) і пластифікатора ТОП.

Перевірка на відсутність корозії арматури в бетоні з добавкою ТОП–2 показала позитивні результати.

При розробці раціональних складів бетону з добавкою ТОП–2 використовували методи математичного планування експериментів за допомогою яких встановили залежність міцності бетону і рухомості бетонної суміші від її складу.

Результати. Для приготування бетонних сумішей слугували портландцементи марки 400 різного мінералогічного складу: Криворізький ($C_2A = 4...6\%$), Камінець-Подільський ($C_2A = 8...10\%$), Балаклєвський ($C_2A = 10...12\%$), вапняний щебінь

пружністю 5...20 мм і пісок с $MC = 1,9$. Добавку ТОП–2 готували при механічному перемішуванні 10 %-м розчином ТОП і НОЦС і вводили в бетонну суміш із водою затворення.

Рухливість бетонної суміші визначали у відповідності з держстандартами, межу міцності при стисненні – при випробуванні за ГОСТ 10180-78 зразків – кубів з ребром 10 см після пропарювання у прискореному режимі : перша стадія – 2+3+3 год. друга стадія – 8 год. дозрівання без подачі пари.

Результати експериментальних досліджень ефективності ТОП–2 в залежності від мінералогічного складу цементів, його витрати, складу бетонів приведений в таблиці 3. Комплексна пластифікуюча добавка ТОП–2 ефективна в усіх переглянутих випадках. Експериментальні дослідження полягли в основу для розробки раціональних складів бетонів класів В15...В25 з добавкою ТОП–2, які були випробувані в заводських умовах.

Таблиця 3

Цементний завод	Утримання C_2A % маси цементу	Клас бетону	ρ , кг/м ³	Добавки ТОП-2, % маси цементу	В/Ц	О.К. см	R, Мпа після ТВО, через	
							4 год.	28 діб
Криворізький	4...6	В–20	450	–	0,41	13	16,2	28,1
ТЕЖ	4...6	В–20	450	1,0/0,1	0,37	13	34,5	34,5
Кам'янець-Подільський	8...10	В–30	380	–	0,38	1,0	25,3	42,7
ТЕЖ	8...10	В–30	380	1,5/0,1	0,38	6,0	29,9	49,3
Балаклєвський	10...12	В–40	360	–	0,38	1,0	30,7	49,8
ТЕЖ	10...12	В–40	360	1,5/0,1	0,38	6,0	32,3	51,2

Примітка: Перед рискою – НОЦС, після риски – ТОП

Аналіз результатів заводських досліджень свідчать про те, що введення ТОП–2 в бетонну суміш знижує витрати цементу на 8...10 % у порівнянні з бездобавочним складом, без зменшення міцності бетону, скорочує тривалість віброущільнення

бетонних сумішей в 1,5 рази, покращує якість виробів.

Домішок комплексних добавок ВЛР–1 і ТОП–2 на основі розглянутих промислових відходів рекомендується в бетонах на портландцементі, які задовольняють вимогам Держстандарту. Для отримання

найбільш пластифікуючого ефекту доцільно використовувати цементи з утриманням в цементному складі $\text{Ca} \times \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A) < 6 %.

Наукова та практична новизна. Показана можливість використання промислових відходів миловарного (або масложирового) і коксохімічного виробництва в якості добавок в бетоні при виготовленні виробів із залізобетону.

Добавки ВЛР-1 і ТОП–2 на основі промислових відходів ефективні для отримання

високорухомих і литих бетонних сумішей без витрат міцності бетону, зменшення тривалості віброущільнення при формуванні виробів в 1,5...2 рази в порівнянні з бездобавочними бетонними сумішами і покращення якості залізобетонних виробів.

Застосування комплексних пластифікуючих добавок ВЛР і ТОП–2 дозволяє утилізувати промислові відходи і сприяє охороні навколишнього середовища від забруднення.

Таблиця 4

Клас бетону	Добавка	Витрати добавок, % маси цементу	Ц, кг/м ³	О.К.см	R _{отп} , Мпа	R _y , Мпа
B20	–	–	470	12...14	20,0/20,7 2	–
B20	ТОП–2	1,0/0,1	430	16...18	20,2/21,0	–
B25	–	–	400	10	18,7/16,5	32,5/–
B25	ТОП–2	1,0/0,1	355	12	22,0/22,0	32,5/–
B25	–	–	370	12	16,7/18,7	–
B16	ТОП–2	1,0/0,1	330	8	19,6/22,8	–
B15	–	1,2/0,1	300	1...3	17,5/–	22,5/–
			270		19,9/–	26,6/–

Примітка 1. Перед рискою – НОЦС, після риси – ТОП.

2. Перед рискою – зразки кубу, після риси – вироби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пластификаторы и бетоны на основе гуминовых кислот торфа : монография / [А. К. Щербина, Н. И. Ганник, Н. В. Морозова]. – Торфяная промышленность. – Москва : Недра, 1998. – 184 с.
2. Добавки в бетоны и растворы : монография / [Н. Ф. Афанасьев, М. К. Целуйко]. – Киев : Будівельник, 1989. – 251 с.
3. Добавки в бетоны : монография / [В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг]. – Москва : Стройиздат, 1973. – 72 с.

REFERENCES

1. Shebina A.K., Hannik N.I. and Morozova N.V. *Plastifikatory i betony na osnove guminovykh kislot torfa* [Plasticizers and concretes based on peat humic acid]. *Torfyanaya promyshlennost* [Peat Industry]. Moscow : Nedra, 1998, 184 p. (in Russian).
2. Afanasiev N.F. and Tseluiko M.K. *Dobavki v betony i rastvory* [Concrete and mortar additives]. Kyiv : Budivel'nik, 1989, 251 p. (in Russian).
3. Ratinov V.B. and Rozenberg T.I. *Dobavki v betony* [Concrete Additives]. Moscow : Strojizdat, 1973, 72 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 13.03.2019 р.