

лідженню. Для різних наборів вхідних параметрів, перевірено чисельно, що відношення відстані, пройденої фронтом нагнітання, до ширини зони переходу від області максимальної концентрації цементу в рідкій фазі до області нульової такої концентрації зростає з плином часу за достатньо великого тиску нагнітання. Крім того отримано чисельне підтвердження адекватності використання задачі з вільною рухомою межею для моделювання нагнітання, що виконується за умов, наближених до реальних.

Ключові слова: модель фазового поля, рівняння конвективної дисперсії, стабілізація ґрунту, ширина перехідної зони, узгоджена початково-крайова задача, дво-вимірний модель, одно-вимірний модель.

АННОТАЦІЯ

Использовано подробную модель нагнетания, основанную на уравнении конвективной дисперсии. В ней постановка задачи соответствует стандартному лабораторному исследованию. Для различных наборов входных параметров проверено численно, что отношение расстояния, пройденного фронтом нагнетания, к ширине зоны перехода от области максимальной концентрации цемента в жидкой фазе к области нулевой такой концентрации возрастает с течением времени при достаточно большом давлении нагнетания. Кроме того получено численное подтверждение адекватности использования задачи со свободной подвижной границей для моделирования нагнетания, которое выполняется в условиях, приближенных к реальным. А именно, рассмотрен случай ряда цилиндрических инжекторов, который в модели заменён траншеей. При этом рассматривается нагнетание цементного раствора в сухой грунт под давлением, которое не способно разрушить структуру грунта.

Ключевые слова: модель фазового поля, уравнение конвективной дисперсии, стабилизация грунта, ширина переходной зоны, согласованная начальная-краевая задача, двумерная модель, одномерная модель.

УДК 628.38

**Клапченко В. І., к.т.н., доц.,
Краснянський Г. Ю., к.ф.-м.н., доц.,
Азнаурян І. О., доц., Кузнецова І. О.,
КНУБА, м. Київ**

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА В ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНУ

Використання промислових відходів у будівельній індустрії є перспективним напрямом зниження собівартості продукції і зменшення негативного навантаження на навколишнє середовище. За результатами будівельно-технічних (досліджувались міцність при стисканні і вигині, водопоглинання, водостійкість і морозостійкість) і санітарно-хімічних (досліджувались елементний склад і рівні міграції значущих в гігієнічному відношенні металевих катіонів у водне середовище і середовище, що імітує кислотні дощі) випробувань зразків бетону, що містять осади гальваностоків металургійного виробництва, показано можливість використання осадів в якості добавок в бетон в кількості 1...2%. Обґрунтовано рекомендації щодо використання бетонної суміші з добавками осаду для виготовлення залізобетонних плит для покриттів міських доріг.

Ключові слова: осад стічних вод; утилізація; бетонні вироби; будівельно-технічні, санітарно-хімічні дослідження

Постановка проблеми. Важливість захоронення токсичних промислових відходів, що містять важкі метали, в даний час не викликає сумніву, причому невідкладність вирішення проблеми весь час зростає. Одним з перспективних напрямків утилізації промислових відходів є включення їх у вигляді добавок до складу будівельних матеріалів. Зазначений спосіб забезпечує більшу в порівнянні з об'ємними сховищами екологічну безпеку, в тому числі і стійкість в умовах катастроф.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Використання промислових

відходів при виробництві будівельних матеріалів було предметом ряду робіт, результати яких представлені, наприклад, в [1, 2]. Значний досвід досліджень по утилізації осадів гальванічних стічних вод при виробництві будівельних матеріалів накопичено на кафедрі фізики КНУБА [3-5].

Мета статті. Дослідження можливості і розробка способу утилізації осаду гальваностоків металургійного підприємства при виробництві бетонних виробів.

Основна частина. У процесі очищення стічних вод металургійного виробництва крім знешкодженої води утворюються осади-шлами. Досліджений осад стічних вод і є результатом травлення соляною кислотою і хімічного оксидування (чорніння) поверхонь металевих виробів. Осад стічних вод II виходить після промивання сталевих виробів, що виготовляються за технологією лиття, в розчині їдкого натру.

Результати фізико-хімічних досліджень осадів, зокрема їх висока дисперсність і, крім того, наявність у складі осаду і значної кількості кремнезему, вказують на те, що вони можуть, очевидно, використовуватися як добавки до цементу при приготуванні бетонної суміші.

Як видно з рис. 1 та 2, де наведено результати відповідних випробувань, залежність міцності бетону при стисканні від вмісту осадів I і II мають чітко виражені максимуми в області 2% і 1% відповідно. При цьому міцність при вигині також зростає. Вказане зростання міцності при додаванні осаду II пов'язане, мабуть, із впливом тонкодисперсної добавки на збільшення кількості зародків при гідратації цементу. Що ж стосується осаду I, який містить активний кремнезем, то його додавання до бетону призводить до хімічної взаємодії з гідроксидом кальцію, який виділяється при гідратації цементу, в результаті чого утворюються додаткові з'єднання двокальцієвого силікату. В кінцевому підсумку це повинно викликати зростання щільності цементного каменю і підвищення його міцності.

При збільшенні вмісту осаду I в бетонній суміші до 4%, а осаду II – до 2% (в подальшому все більше проявляються властивості осаду II як інертної добавки) міцність при стисканні практично не погіршується, а при вигині продовжує дещо зростати. У зазначених діапазонах практично не знижуються також водостійкість (втрати міцності при водонасиченні у всіх випадках не перевищують 17%) і морозостійкість бетону.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що введення до 4% осаду I або до 2% осаду II в бетонну суміш не змінює основних будівельно-технічних характеристик бетону і, таким чином, може бути рекомендованим за даним критерієм як спосіб утилізації осадів в зазначених кількостях.

Фактором, що в значній мірі визначає можливість утилізації осадів стічних вод при виробництві бетону, є його відповідність гігієнічним вимогам, які ставляться до неорганічних відходів і матеріалів з їх добавками.

У табл. 1 наведено встановлений за результатами емісійного спектрального та екстракційно-фотометричного аналізів елементний склад зразків бетону з добавками 2% осадів і гігієнічні норми кількісного вмісту основних неорганічних елементів. Із зіставлення наведених даних спостерігається повна відповідність бетону з добавками осадів в зазначених кількостях гігієнічним вимогам.

Як показали результати інфрачервоного спектрального аналізу, перераховані в таблиці метали перебувають у вигляді силікатів, карбонатів, гідроксосилікатів і гідроксосульфатів. Причому виявлені в складі бетону сполуки є важкорозчинними і, отже, не повинні виділятися з бетону в процесі його контакту з дощовими та ґрунтовими водами. Це підтверджується також даними за рівнями міграції значущих в гігієнічному відношенні металевих катіонів у водне середовище і середовище, що імітує кислотні дощі (табл. 1), які нижче за їхню ГДК для води з водойм.

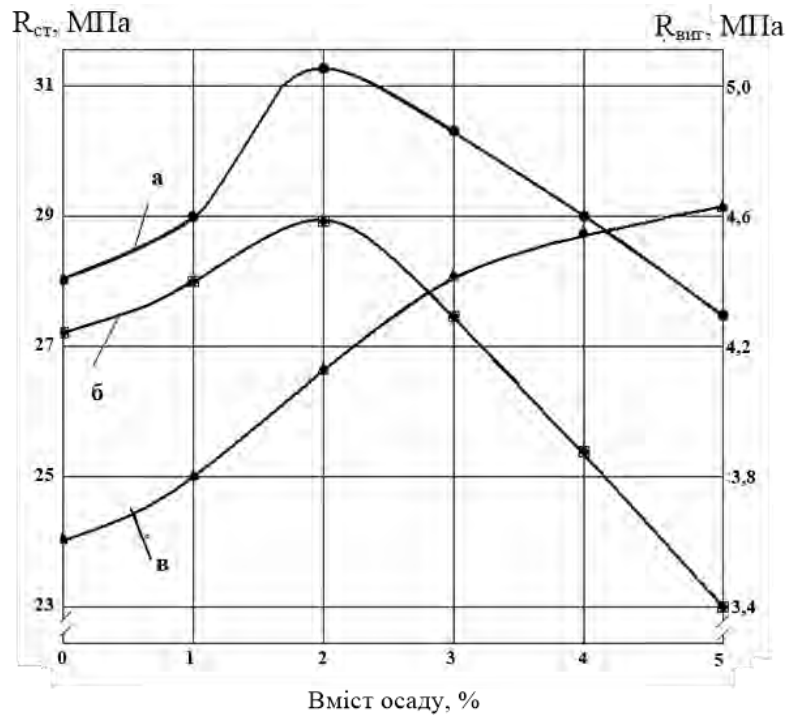


Рис. 1. Залежність міцності бетону при стисканні (R_{ct}) і вигині (R_{wig}) від вмісту осаду стічних вод I: а – при стисканні; б – при стисканні після водонасичення; в – при вигині

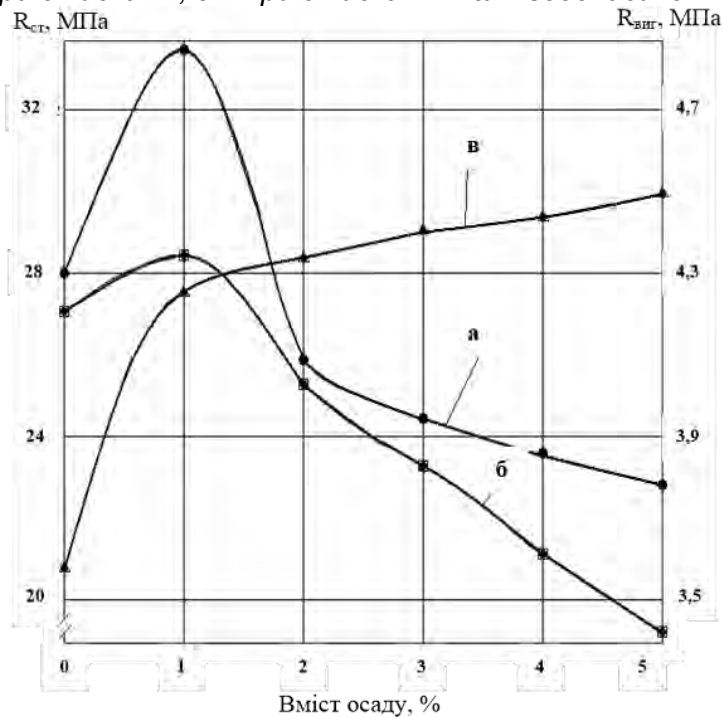


Рис. 2. Залежність міцності бетону при стисканні (R_{ct}) і вигині (R_{wig}) від вмісту осаду стічних вод II: а – при стисканні; б – при стисканні після водонасичення; в – при вигині

I, нарешті, результати досліджень показують, що бетон з добавками осаду в зазначених кількостях не виділяє при температурі понад 60°C летючих органічних або неорганічних сполук в навколишнє повітряне середовище, а його радіоактивність не перевищує фонову.

Таким чином, наведені результати і їх зіставлення з вимогами державних

стандартів на бетонні виробы і гігієнічними вимогами, що ставляться до неорганічних відходів та будівельних матеріалів з їх добавками, свідчать про те, що осад стічних вод можуть використовуватися як добавки в бетон в кількості до 2% по сухій масі. Оптимальний вміст осадів I і II в бетонній суміші становить, відповідно, 2% і 1%.

Таблиця 1

Вміст, допустимі норми та рівні міграції значущих в гігієнічному відношенні елементів в складі бетону з добавками 2% осадів стічних вод

Елементи	Бетон з осадом I			Бетон з осадом II			Допустима норма, %	Допустиме відхилення, %
	вміст, %	рівні міграції, мг/л		вміст, %	рівні міграції, мг/л			
		водне середовище	кислотне середовище*		водне середовище	кислотне середовище*		
алюміній	4,3	-	-	4,4	-	-	3,0	0,8
залізо	6,8	0,001	0,06	6,9	0,001	0,08	6,0	1,5
нікель	0,004	-	-	0,004	-	-	0,003	0,001
кобальт	0,005	-	-	0,005	-	-	0,003	0,001
хром-III	0,08	0,002	0,005	0,095	0,003	0,015	0,080	0,005
мідь	0,01	-	-	0,01	-	-	-	-
важкі метали	-	-	-	-	-	-	0,001	0,0005
ртуть, талій, селен, берилій, хром-VI	відсутність							
лужні	0,1	10,6	24,8	0,08	7,5	13,8	30	
лужно-земельні	15,2	6,5	9,2	15,0	6,2	9,0	300	

Примітка. * – середовище, яке імітує кислотні дощі (рН = 5,5) при 25...30°C.

Випробування зразків бетону з добавками осадів показали, що винесення іонів важких металів у воду, а отже, і екологічна безпека бетону, що містить осад, істотно залежать від технології приготування бетонної суміші. Для зменшення виділення токсичних компонентів з бетону важливо забезпечити рівномірний розподіл осаду за об'ємом матеріалу на рівні мікроструктури цементного тіста. Це сприяє утворенню важкорозчинних сполук важких металів, що ускладнює їх екстракцію водою. Крім того, в цьому випадку частинки осаду міцніше утримуються фізико-хімічними силами в гелевій структурі цементного тіста. Рівномірний розподіл досліджених осадів може бути досягнуто за допомогою їх попередньої сушки і помелу з подальшим змішуванням з цементом. Така технологічна схема прийнятна для більшості бетонозмішувальних заводів.

Осади стічних вод за гігієнічними вимогами доцільно додавати до бетону, призначеного для виготовлення конструкцій, які не контактують безпосередньо з внутрішніми об'ємами приміщень. За будівельно-технічними властивостями бетон з добавками осадів повинен відповідати всім вимогам державного стандарту на виробу певного

призначення. За вказаними критеріями досліджені осади стічних вод можуть, зокрема, використовуватися при виробництві бетону, призначеного для виготовлення залізобетонних плит для покриття міських доріг. При цьому задовольняються як гігієнічні, так і будівельно-технічні вимоги.

Висновки. За результатами будівельно-технічних і санітарно-хімічних випробувань зразків бетону, що містять осади гальваностоків металургійного виробництва, показано можливість використання осадів в якості добавок в бетон в кількості 1-2%. Обґрунтовано рекомендації щодо використання бетонної суміші з добавками осаду для виготовлення залізобетонних плит для покриттів міських доріг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Зайнуллин Х. Н. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств. Уфа [б.и.], 2003. 272 с.
2. Кальгин А. А. и др. Промышленные отходы в производстве строительных материалов. М. : [б.и.], 2002. 131 с.
3. Сидоров В. М. и др. Бетон с добавкой осадка гальваносток / Передовой научно-производственный опыт, рекомендуемый для внедрения в строительстве объектов

агропромисленого комплексу : Научно-технический информ. сб. [б.и.] 1990. Вып. 5. с. 21 – 25.

4. Казанский В.М. и др. Использование осадка гальваносток в бетоне / Передовой научно-производственный опыт, рекомендуемый для внедрения в строительстве объектов агропромисленого комплексу: Научно-технический информ. сб. [б.и.] 1990. Вып. 9. с. 15 – 19.

5. Клапченко В. И., Краснянский Г. Е., Дугинов В. Е., Кучерова Г. В. Утилизация осадка гальваносток при производстве бетона / Містобудування та територіальне планування : Наук.-техн. збірник. К : КНУБА, 2011. Вип. 39. с. 38 – 41.

REFERENCES:

1. Zainullyn Kh. N. (2003). Utilization of sewage sludge from galvanic productions. Ufa, Russia : [N.p.] [in Russian]

2. Kalhyn A. A. & other (2002). Industrial waste in the production of building materials. Moscow, Russia : [N.p.] [in Russian]

3. Sydorov V. M. & other (1990). Concrete with the addition of a sediment of galvanic drains. Advanced scientific and production experience recommended for the implementation of the construction of agro-industrial complex facilities, issue. 5. 21 – 25 [in Russian]

4. Kazanskyi V.M. & other (1990). The use of galvanic drains sludge in concrete. Advanced scientific and production experience recommended for the implementation of the construction of agro-industrial complex facilities, issue. 9. 15 – 19 [in Russian]

5. Klapchenko V. Y., Krasnianskyi H. E., Duhynov V. E., Kucherova H. V. (2011). Recycling of galvanic drains during the manufacture of concrete. Urban and territorial planning, issue 39. 38 – 41 [in Russian].

АННОТАЦИЯ

Использование промышленных отходов в строительной индустрии является перспективным направлением снижения себестоимости продукции и уменьшения негативной нагрузки на окружающую среду. По результатам строительно-технических (исследовались прочность при сжатии и изгибе, водопоглощение, водостойкость и морозостойкость) и санитарно-химических (исследовались элементный состав и уровни миграции значимых в гигиеническом отношении металлических катионов в водную среду и среду, имитирующую кислотные дожди) испытаний образцов бетона, содержащих осадки гальваносток металлургического производства, показана возможность использования осадков в качестве добавок в бетон в количестве 1-2%. Обоснованы рекомендации по использованию бетонной смеси с добавками осадка для изготовления железобетонных плит для покрытий городских дорог.

Ключевые слова: осадок сточных вод; утилизация; бетонные изделия; строительно-технические, санитарно-химические исследования

ANNOTATION

Utilization of industrial waste in the construction industry is a promising direction in reducing the cost of production and reducing the negative impact on the environment. The possibility of using precipitation as additives in concrete in the amount of 1 ... 2% is shown from the results of construction-technical (compressive strength and bending strength, water absorption, water resistance and frost resistance were investigated) and sanitary-chemical (elemental composition and migration levels for hygienically significant of metallic cations into the aquatic environment and the environment simulating acid rains were investigated) tests of concrete samples containing sediments of galvanic metallurgical production. Recommendations on use of concrete mix with additives of precipitation for manufacturing of reinforced concrete slabs for coverings of urban roads were proved.

Keywords: sewage sludge; recycling; concrete products; construction-technical, sanitary-chemical research.