УДК 666.973.6
Страшук С.В., завідуючий лабораторією силікатних матеріалів;
Багаева Т.Ю., старший науковий співробітник;
Вудвуд Т. М., молодший науковий співробітник;
Щепащенко Т.А., інженер, ДП «ДНІБМВ», м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ФІБРОГАЗОБЕТОНУ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ

Основні властивості різних видів волокон, що виробляються в світі та можуть бути придатними для армування ніздрюватих бетонів, приведені в таблиці 1. Основним техніко-фізичним показником волокон (фібри) вважається тимчасовий опір розриву, або міцність на розтягування.

Залежно від виду матеріалу і способу виготовлення фібра має різні значення параметрів і, як наслідок, різні дозування і способи застосування.

Проведений аналіз сукупних характеристик волокон (місце виробництва, ціна, фізико-механічні характеристики, технологічність введення в ніздрюватобетонну суміш), що визначені для використання при виробництві ніздрюватого фіброгазобетону неавтоклавного тверднення, дозволив визначити найбільш ефективне, яким є поліпропіленове волокно.

Поліпропіленові волокна призначені для використання в цементних сумішах. Поліпропілен – інертна сировина, стійка до кислот, лугів і солей – є найбільш відповідним матеріалом для використання в цементних складах. Спеціальна добавка забезпечує кращий зв'язок з матрицею цементу.

Прекрасна здібність волокон до перемішування забезпечує їх рівномірний розподіл в бетоні і армування його за всім об`ємом.

Досвід застосування універсальних поліпропіленових волокон як будівельних добавок для бетону і будівельних розчинів показує, що волокна не тільки значно знижують утворення внутрішніх мікротріщин, але і сприяють мікроструктурному ущільненню, що є основним чинником підвищення довговічності бетону і захисту сталевої арматури.

В даний час визнано, що, не дивлячись на технічні і економічні переваги бетону, а також інновації і науковий прогрес в розумінні мікроструктури бетону, руйнування бетону стало основною глобальною проблемою і його недостатня довговічність є предметом постійних досліджень.

Поліпропіленові волокна є армуючою добавкою в бетонних і розчинних сумішах. Волокна можуть поліпшити властивості сумішей, забезпечити вторинне армування і особливо контроль усадки. Додавання в бетон волокон при замісі в кількості 0,6 кг/м^3 – 2,7 кг/м^3 значно знижує утворення тріщин при пластичній усадці, підвищує опір удару, стійкість до стирання і морозостійкість, тим самим, забезпечуючи підвищену довговічність бетону.

Волокна завдовжки 18 мм — мікроармуючий компонент для жорстких і наджорстких бетонів, що виготовляються із застосуванням крупного і середнього заповню-

Таблиця 1

Властивості різних видів волокон для виготовлення фібри

Волокно	Щільність, г/см^3	Міцність на розтягування, МПа	Модуль пружності, МПа	Подовження при розриві %
Поліпропіленове	0,90	400–700	3500–8000	10–25
Поліетиленове	0,95	600–720	1400–4200	10–12
Нейлонове	1,10	770–840	4200–4500	16–20
Акрилове	1,10	210–420	2100–2150	25–45
Поліефірне	1,40	730–780	8400–8600	11–13
Бавовняне	1,50	420–700	4900–5100	3–10
Азбестове	2,60	910–3100	68 000–70 000	0,6–0,7
Скляне	2,60	1800–3850	7000–8000	1,5–3,5
Сталеве	7,80	600–3150	190 000–210 000	3–4
Вуглецеве	2,00	2000–3500	200 000–250 000	1,0–1,6
Карбонове	1,63	1200–4000	280 000–380 000	2,0–2,2
Поліамідне	0,90	720–750	1900–2000	24–25
Віскозне надміцне	1,20	660–700	5600–5800	14–16
Базальтове	2,60–2,70	1600–3200	7000–11 000	1,4–3,6

вача (пісок, гравій, щебінь) і вживаних для гідротехнічних споруд, дорожніх покриттів, мостобудування.

Волокна завдовжки 12 мм – для плит перекриття, наливних бетонних підлог, гідротехнічних споруд, фундаментної продукції і інших важких і легких бетонів.

Волокна завдовжки 6 мм – для застосування в цементно-піщаних (кладках, штукатурних, монтажно-ремонтних і ін.) розчинах і сухих сумішах на основі цементу.

Поліпропіленові волокна допомагають в рішенні таких проблем в бетоні як пил, осідання, усадка при висиханні, а при подальшій експлуатації бетону – низька стійкість до замерзання/відтавання, слабкий опір удару, схильність до стирання, проникнення води і хімічних речовин.

Волокно поліпропіленове застосовується у всіх типах бетонних виробів (як зовнішніх, так і внутрішніх), де необхідно запобігти появі пластичних усадкових тріщин.

Бетон із вмістом поліпропіленових волокон володіє кращим зчепленням, ніж звичайний бетон. Самі волокна дуже тонкі, і хоча вони помітні в бетоні на стадії замісу, потім будуть непомітні на поверхні. Волокна, рівномірно розподілені в бетоні, армують його за всім об`ємом.

Тріщини в бетоні формуються протягом першого етапу усадки (у пластичному стані) і відповідно є причиною низької цілісності і міцності бетону. Ці тріщини формуються у перші 24 години після того, як бетон був укладений. Усадка і тріщини усадки можуть бути не виявлені і після декілька днів. Вони часто покриті завершуючою обробкою або просто недостатньо широкі, щоб їх можна було побачити до тих пір, поки бетон і розчин осідатиме далі або навантаження примусить ці слабкі тріщини розвинутися у видимі.

Причини виникнення тріщин в тому, що існуючу напругу перевищує міцність бетону. Цього можна уникнути за допомогою додавання волокна в бетонну або розчинну суміш. Волокна, завдяки їх специфічній поверхні, здатні поглинути сили розтягування під час усадки (енергія розподіляється на всі волокна), що дозволяє бетону розвивати її оптимальну довгострокову міцність. В цьому відношенні полипропиленове волокно завдяки своїй обширній площі поверхні ефективніше, ніж сталева сітка.

Додавання поліпропіленового волокна при виготовленні збірних бетонних конструкцій і виробів дозволяє скоротити час технологічного циклу і підвищити міцність виробів після виймання з форми.

Додавання поліпропіленового волокна в ремонтні розчини зменшує утворення волосяних тріщин.

Вплив поліпропіленових волокон на інші властивості бетону

Стійкість бетону до замерзання/відтавання

Бетон, що містить волокна, має вищі морозостійкі характеристики, і можна вважати, що по довговічності він не поступається бетону з повітрявтягувальними добавками.

Механізм підвищення морозостійкості наступний:

– Волокна вносять до бетону незначну кількість повітря. Ці повітряні бульбашки дозволяють вільній воді, яка може замерзнути, розширюватися і стискатися в циклі замерзання/відтавання. Таким чином, знижуються руйнівні ефекти морозу на ранньому етапі.

– Волокна, підвищуючи стійкість бетону до пластичного розтріскування, зменшують кількість водних каналів в бетоні, і в результаті зниження проникності додає стійкість до промерзання.

– Додавання волокон контролює переміщення води в бетоні, забезпечуючи ефективнішу гідратацію цементу, покращує однорідність бетону і підвищує міцність на стиск в перший день.

– 375 млн волокон в 1 м^3 бетону укріплюють його за всім його об`ємом, включаючи поверхню і краї, і зв'язують цементний розчин, підвищуючи морозостійкість.

Опір бетону удару

Бетон, що містить волокна, має значно більший опір удару і стійкість до розколювання в порівнянні із звичайним бетоном. Як правило, ніздрюватий бетон вважають крихким і ломким матеріалом, проте додавання волокон підвищує його пластичність.

Підвищений опір удару і стійкість до розколювання бетону з волокнами можуть бути приписані великій кількості енергії, яка поглинається при натягненні волокон після утворення тріщин в цементному розчині. Таким чином, волокна забезпечують захист від руйнування країв з'єднань у бетонних плитах покриттів і збірних залізобетонних конструкціях. Його властивості, що збільшують опір удару, означають, що волокна можна використовувати у важкій промисловості, військових цілях для підвищення вибухостійкості і в місцях підвищеної сейсмічної активності.

Стійкість бетону до стирання

Здатність волокон контролювати переміщення води в бетонній суміші зменшує можливість сегрегації дрібних частинок цементу і піску, що забезпечує ефективнішу гідратацію цементу і у поєднанні з кращим зчепленням цементного розчину дає міцнішу і довговічнішу поверхню.

Типове застосування волокон для підвищення стійкості до стирання – морські загороди і споруди, вуглесховища і інші сфери використання бетону, де постійна ерозія веде до зносу поверхні.

Підвищена стійкість бетону до вогню

Поліпропіленове волокно підвищує характеристики вогнестійкості бетону. Незалежні тести показують, що бетон з поліпропіленовими волокнами стійкіший до вигину після дії температури 600°С протягом 1 години. Крім того, підвищується стійкість бетону до розколювання після дії горіння.

Підвищена стійкість бетону до проникнення води і хімічних речовин

Незалежні тести показують, що застосування поліпропіленового волокна знижує проникність і водопоглинання бетону. Це досягається за рахунок зменшення в бетоні кількості отворів від води, що виступила, тому вода і хімічні речовини вбираються повільніше.

Бетон з поліпропіленовими волокнами широко використовується в гідроспорудах, таких, як водосховища, відстійники для стічних вод, водозливи, порти,

доки, морські загороди, а також бетонні дороги і мости, де особливо важлива підвищена стійкість до проникнення солей.

Волокно є інертним і жодна з відомих добавок до бетону не погіршує його робочих характеристик.

Поліпропилен стійкий до лугів і більшості хімічних речовин, вживаних у виробничих процесах.

Поліпропіленове волокно може розглядатися як економічна альтернатива контролюючого утворення тріщин сталевій сітці, але не може використовуватися як заміна конструктивної сталевої арматури. При використанні волокна повинні дотримуватися звичайні технології витримки і з'єднання бетону.

Коли бетон дає усадку, сталева сітка піддається стисненню і збільшує розтягуючу напругу в бетоні. Сталева сітка розтягується і має якусь цінність тільки після того, як бетон тріснув. Як альтернатива поліпропіленове волокно сприяє запобіганню мікротріщин, що утворюються в бетоні у пластичному стані.

Застосування поліпропіленових волокон в різних галузях показує, що армування волокнами забезпечує прекрасну альтернативу деяким традиційним рішенням, розробленим для будівельних розчинів (стяжки, фасадні розчини і т.п.) і для бетонної промисловості (плити, резервуари і труби для води, збірні залізобетонні елементи).

Розробка складів ніздрюватого фіброгазобетону неавтоклавного тверднення в лабораторних умовах проводилось з використанням волокна армуючого поліпропіленового, що виробляється вітчизняним виробником ТОВ «Дііф», м. Дніпропетровськ згідно з ТУ У 24.7 32781078.001-2006 «Волокно армуюче пропіленове (ВАП)».

Волокно має такі характеристики :

- лінійна щільність – 2–3 dtex;
- діаметр 18–20мкм;
- довжина 2,4,6,12,18 мм;
- щільність 0,91 т/м^3;
- модуль Юнга 3000Н/мм2;
- міцність на розрив 300 Н/мм^2;
- температура розмягчення 160^{o}С;
- колір – прозоро білий;
- хімічна стійкість до кислот, лугів та розчинників.

У лабораторних умовах були проведені дослідження з підбору оптимальних складів та визначення оптимальних технологічних параметрів виготовлення ніздрюватого фіброгазобетону неавтоклавного тверднення та визначено фізико-технічні характеристики бетону.

Було апробовано два варіанти складів ніздрюватобетонної суміші. В першому варіанті в бетонній суміші використовувались такі основні компоненти: волокно поліпропіленове, шлак доменний гранульованний, портландцемент, пісок кварцовий. В другому варіанті – волокно поліпропіленове, портландцемент, зола сухого видалення та вапно кальцієве мелене негашене.

Ці склади були вибрані виходячи з результатів попередніх робіт та техніко-економічних прорахунків (гранульований шлак та зола сухого видалення в достатній кількості виробляється підприємствами України як вторинна сировина техногенного походження). Гранульований шлак в ніздрюватобетонній суміші використовується в якості в`яжучого матеріалу та наповнювача. А зола сухого видалення – в якості активного аморфного тонкодисперсного наповнювача, що не потребує попередньої підготовки.

Доменний гранульований шлак (граншлак) може являти собою цінний компонент для виробництва ніздрюватобетонних виробів. Кількість шлаку, який можуть гранулювати на металургійних виробництвах, при необхідності, може складати кілька мільйонів тонн на рік, що забезпечить зростаючий попит виробництва ніздрюватобетонних виробів якісною сировиною, що є відходом промисловості, та покращить екологічний стан довкілля.

Тонкодисперсний гранульований шлак в ряді гідравлічної та пуцоланової активності розташовується після мікрокремнезему та метакаоліну. По ефективності впливу на довгостроковy міцність та хімічну стійкість ефект його вводу може перевищувати інші добавки.

Доменний гранульований шлак отримується при виплаві чавуну в результаті взаємодії залізної руди, коксу та флюсів – вапняку, доломітів та інших. В ході доменного процесу із руди, що вміщує кремнієву кислоту та глинозем, з вапном та домішками коксової золи утворюється доменний шлак в рідкому стані. Виходячи з домни, розплави шлаків схильні до кристалізації та тверднення в залежності від хімічного складу та інтенсивності охолодження. При цьому шлак не розпадається на окремі фази, хоча згодом це явище може спостерігатися.

Перехід до твердого стану характеризується показниками в`язкості, що визначаються терміном температурного інтервалу переходу з пластичного становища в тверде. Найбільш важливим при цьому є склад рідкої фази, що формує склад та структуру охолоджених шлаків, що розділяються на кислі SiO_2 та основні CaO, MgO, Fe_2O_3, MnO. Оксиди в загальній формулі шлаків зв`язані співвідношенням nRO/SiO_2. Ступінь кислотності доменних шлаків визначається співвідношенням суми кислотних та основних оксидів.

Доменні шлаки Дніпровсько-Криворіжського регіону України відрізняються високим вмістом найбільш активного оксиду CaO – до 47–50% від загальної маси. Кислотний оксид також займає в загальній масі вагоме місце – 39–42%.

Гідравлічна активність доменного шлаку, крім мінерального складу, залежить в значній мірі від ступеню закристалізованності структури, форми та розмірів кристалів, просторового співвідношення кристалічної та аморфної фаз. Основний спосіб диспергування та придбання шлаками у вогненно-рідкому становищі активних гідравлічних властивостей – грануляція. Її суть у швидкому охолодженні з температури 1500^{o}С до 800^{o}С.

Прийнято рахувати, що швидке охолодження не дозволяє кремнекислоті зв`язуватися з основними оксидами CaO та $Al_2O_3$ в кристалічні з`єднання, що залишаються в аморфному реакційноздатному стані, тому що теплова енергія не витрачається на утворення кристалів – гідравлічно не активних з`єднань. Швидко охолоджений шлак – це переохолоджена рідина скловидної структури, що знаходиться в тер-

Таблиця 2

Вміст оксидів в доменному гранульованому шлаку ВАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського»

SiO_2	Al_2O_3	Fe заг.	TiO_2	CaO	MgO	S	МпО	P_2O_5
38,9	5,4	5,92	0,15	48,1	1,55	1,52	0,4	0,025

модінамічно активному нестійкому та неурівноважному стані. Скрита теплота плавлення зберігається у вигляді потенціальної енергії. Крім того, активні SiO_2 та Al_2O_3 як і CaO визначають реакційну здатність і, тим самим, гідравлічну активність шлаків. Проява гідравлічної та пуцоланової активності при зв`язуванні $Ca(OH)_2$, що утворюється при гідратації, обумовлює значне підвищення хімічної стійкості бетонів та позитивно сприяє на властивості бетонів.

Державні нормативні документи та вимоги до доменного шлаку як домішки в бетон ще не розроблені.

Ефективність використання гранульованого шлаку в бетоні залежить у великій мірі від його хіміко-мінералогічного складу, дисперсності та розподілення часток за розмірами.

Вибір та визначення фізико-технічних властивостей сировини для виробництва ніздрюватого бетону проведено згідно з вимогами таких нормативних документів:

- ДСТУ Б В.2.7-45-96 “Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Технічні умови”;
- СН 277-80 “Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона”;
- ДСТУ Б В.2.7-46-96 “Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови”;
- ДСТУ Б В.2.7-90-99 “Будівельні матеріали. Вапно будівельне. Технічні умови”;
- ДСТУ Б В.2.7-32 “Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови”;
- ГОСТ 5494-71 “Пудра алюминиевая пигментная”;
- ГОСТ 5382-91 “Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа”

Для проведення аналізу придатності шлаку доменного гранульованого виробництва ВАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського» щодо використання в складі ніздрюватого бетону неавтоклавного тверднення визначено його хімічний склад, який представлено в табл. 2.

Були визначені модуль активності та модуль основності згідно вимог СН 277-80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона».

$$\text{Модуль активності} = \frac{\%Al_2O_3}{\%SiO_2} = \frac{5,4}{38,9} = 0,14.$$

$$\text{Модуль основності} = \frac{\%CaO + \%MgO}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3} = \frac{49,65}{44,3} = 1,12.$$

Характеристика шлаку за модулями активності та основності не відображає ролі окремих оксидів в прояві активності шлаку.

Оцінка гідравлічних властивостей за вмістом окремих оксидів в більш повній мірі відображає коефіцієнт якості, який регламентується в ГОСТ 3476, що передбачає використання шлаку в якості компоненту при виробництві цементу.

Спираючись на те, що нормативні документи на доменні гранульовані шлаки, як домішки до бетону, ще не розроблені, така оцінка активності являється більш точною на даний час.

Таблиця 2

Оцінка якості доменного гранульованого шлаку ВАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського» за ГОСТ 3476 та СН 277-80

Найменування показників	Вимоги за СН 277-80 як до в`яжучого	Вимоги до сортів за ГОСТ 3476 як компоненту шихти при виробництві цементу			Фактичне значення
		1-го	2-го	3-го	
Коефіцієнт якості, не менше	-	1,65	1,45	1,20	1,4
Вміст окису алюмінію (Al_2O_3), % не менше	-	8,0	7,5	Не нормується	5,4
Вміст окису магнію (MgO), % не більше	-	15,0	15,0	15,0	1,55
Вміст окису титану (TiO_2), % не більше	-	4,0	4,0	4,0	0,15
Вміст закису марганцю (MgO), % не більше	-	2,0	3,0	4,0	0,4
Модуль активності, не менше	0,4	-	-	-	0,14
Модуль основності, не менше	0,9	-	-	-	1,12

Коефіцієнт якості визначається за формулою, в котрій у чисельнику стоїть кількість оксидів, що підвищують гідравлічну активність, а в знаменнику – що знижують її.

Коефіцієнт якості доменного гранульованого шлаку ВАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського» (при вмісті MgO до 10%) дорівнює:

$$K = \frac{\%\ CaO + \%Al_2O_3 + \%MgO}{\%\ SiO_2 + \%\ TiO_2} = \frac{48,1 + 5,4+1,55}{38,9 + 0,15} = 1,4$$

Оцінка якості доменного гранульованого шлаку за гідравлічною активністю згідно вимог ГОСТ 3476 та СН 277-80 представлена в табл.2.

Насипна щільність шлаку – 854 кг/м³.

Склади та фізико-механічні характеристики (щільність в сухому стані та міцність на стиск у віці 28 діб) ніздрюватого фібробетону неавтоклавного тверднення з поліпропіленовим волокном наведені в таблиці 4.

При формовці ніздрюватобетонних зразків 10х10х10 см фібробетону неавтоклавного тверднення в лабораторних умовах використовували доменний гранульований шлак ВАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського».

Домений гранульованний шлак піддавався попередній підготовці – висушувався до 2% вологості, а потім піддавався помелу в лабораторному кульовому млині. Питома поверхня молотого шлаку складала 2500–3000 см²/г.

В якості газоутворювача використовувалась алюмінієва пудра в кількості, яка залежить від проектної щільності бетону.

З метою поліпшення формувальних властивостей суміші та підвищення міцності бетону в склад ніздрюватобетонної суміші вводилася хімічна добавка.

Кількість води в ніздрюватобетонній суміші 48–52%.

Оптимальна кількість поліпропіленового волокна, що вводилась в ніздрюватобетонну суміш, була підібрана експериментально і складала 550–650г/м³.

У ході формовок ніздрюватобетонних зразків в лабораторних умовах були відпрацьовані оптимальні технологічні параметри їх отримання:

- температура води затворювання складала 50°С;
- час перемішування ніздрюватобетонної суміші – 5 хв.

Було отримано бетон за середньою щільністю 500кг/м³ та 600кг/м³.

В другому варіанті складів ніздрюватого фібробетону використовувались – волокно поліпропіленове, портландцемент, зола сухого видалення та вапно кальцієве мелене негашене.

Перелік місцезнаходжень кремнеземистих матеріалів техногенного походження – золи сухого видалення українських ДРЕС та їх хімічний склад – наведено в таблиці 3.

Зола сухого видалення утворюється при спаленні вугілля на теплоелектростанціях. При отриманні лабораторних зразків ніздрюватого фібробетону неавтоклавного тверднення була використана зола Ладижинської ДРЕС, Вінницької обл.

Компоненти ніздрюватобетонної суміші в цьому випадку не потребували попередньої підготовки.

Технологічні параметри отримання зразків з використанням золи сухого видалення суттєво не відрізнялися від технологічних параметрів отримання зразків з використанням доменного гранульованого шлаку.

Фізико-механічні характеристики отриманих зразків (щільність в сухому стані та міцність на стиск) були визначені після 28 діб їх тверднення в нормальних умовах.

В ході лабораторних досліджень у складах, що не вміщували поліпропіленового волокна, було зафіксовано осідання ніздрюватобетонної суміші після закінчення газо утворювання – під час набору пластичної міцності бетону. А в складах з вмістом поліпропіленого волокна осадки бетону відсутні.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що дисперсне армування газобетонів неавтоклавного тверднення є одним з найбільш ефективних напрямків підвищення їх фізико-механічних характеристик.

В лабораторних умовах ДП «НДІБМВ» та в умовах діючого виробництва випущено та досліджено фібробетон неавтоклавного тверднення з застосуванням поліпропіленових волокон, що має покращені, порівняно з аналогами, фізико-механічні характеристики та зовнішній вигляд блоків з фібробетону (відсутність сколів та тріщин в бетоні).

Розроблено склади та технологічні параметри приготування ніздрюватобетонної суміші з використанням поліпропіленового волокна та визначено оптимальна кількість введення фібри.

Таким чином, у результаті вводу поліпропіленового волокна у склад ніздрюватого бетону неавтоклавного тверднення в умовах діючого підприємства було отримано ніздрюватий бетон щільністю 475 кг/м³, тоді як середня щільність бетону, що випускався на підприємстві без армування волокном, складала 600кг/м³.

Таблиця 3

Перелік місцезнаходжень кремнеземистих матеріалів техногенного походження – золи сухого видалення ДРЕС, хімічний склад

Найменування підприємства	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	в.п.п
Бурштинська ДРЕС, Івано-Франківської обл.	49,6	22,72	18,50	0,98	3,45	1,95	0,15	1,87	0,40	0,20
Ладижинська ДРЕС, Вінницької обл.	58,28	22,04	10,37	0,95	2,46	2,61	0,10	2,52	0,70	0,06
Кураховська ДРЕС, Донецької обл.	50,0	18,6	12,0	-	2,8	1,5	0,5	K_2O+ Na_2O 2,5		

Таблиця 4

Технологічні параметри неавтоклавного ніздрюватого фібробетону, їх склади та фізико-технічні характеристики

Склади та фізико-технічні характеристики неавтоклавного ніздрюватого фібробетону	D 500		D 600	
цемент, кг/м^3	140	230	190	270
поліпропіленове волокно, кг/м^3	0,650	0,650	0,600	0,600
шлак, кг/м^3	310	-	350	-
зола, кг/м^3	-	225	-	290
вапно, кг/м^3	-	10	-	10
добавка, кг/м^3	2	2,4	2	2,4
В/Т	0,52	0,36	0,5	0,34
середня щільність, кг/м^3	480	490	600	600
міцність на стиск у віці 28 діб, кг/см^2	23,8	22,7	26,3	26,5

Морозостійкість бетону та міцність на стиск при цьому не знизились, а теплопровідність знизилась відповідно з 0,125 Вт/м°С до 0,093 Вт/м°С.

На основі проведеного аналізу особливостей сучасних технологій виробництва ніздрюватобетонних виробів з підвищеними фізико-механічними та фізико-технічними показниками розроблено типовий технологічний регламент виробництва виробів з дисперсно армованого ніздрюватого бетону неавтоклавного тверднення з урахуванням вітчизняного та зарубіжного досвіду, що допоможе діючим підприємствам та тим, що будуються, визначити, підтримувати та контролювати основні технологічні параметри виробництва ніздрюватого бетону.

На основі даних типового технологічного регламенту підприємства повинні розробляти власний регламент на конкретне виробництво з урахуванням особливостей сировинної бази, обладнання, особливостей технології виробництва тощо.

Типовий технологічний регламент допоможе підприємствам, що спеціалізуються на виробництві неавтоклавних ніздрюватобетонних виробів, правильно організувати технологічний процес виробництва та ефективно його контролювати на всіх стадіях для унеможливлення збоїв та браку.

Застосування на виробництві ніздрюватого бетону неавтоклавного тверднення дисперсного армування поліпропіленовою фіброю, використання золи сухого видалення ДРЕС в якості кремнеземистого компоненту та добавки для регулювання структуроутворення дозволить виключити витрати енергоносіїв на приготування кремнеземистого шламу та автоклавну обробку за традиційною технологією та отримати продукцію, що відповідає сучасним вимогам.

УДК 666.3.041.55:662.94

Торчинский А.И., ведущий научн. сотрудник;
Ляшко А.Ю., мл. научн. сотрудник;
Крячок Ю.Н., инженер I кат., Институт газа НАН Украины, г. Киев
Дмитренко Н.Д., старш. научн. сотрудник, НИИСМИ, г. Киев

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ СЕРИИ ГС НА ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ОБЖИГА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

В настоящее время на рынке газогорелочных устройств для печей обжига керамического кирпича существует много горелок различных типов. Наряду с установленными, хорошо известными горелками советского производства (в последующем производства стран СНГ): ГСТ, ГТП (разработчик – ВНИИПромгаз г. Москва), ГНП (разработчик – Теплопроект г. Москва), ГНБ, ГС (разработчик – Институт газа НАН Украины) [1] и т.д. – появилось много зарубежных аналогов. В связи с этим в большой массе газогорелочного оборудования, предлагаемого на этом рынке, потребителю очень трудно сориентироваться в правильности выбора указанного оборудования для конкретных условий эксплуатации.

Скоростные газогорелочные устройства серии ГС, разработанные в Институте газа НАН Украины [2, 3], успешно эксплуатируются на туннельных печах обжига керамического кирпича передовых предприятий Украины, России, Беларуси, Грузии (всего на 50 туннельных печах). Преимуществом их является то, что при эксплуатации гарантируется устойчивость процесса горения газовоздушной смеси в широком диапазоне эксплуатационных параметров работы печного агрегата, что позволяет использовать их в тех зонах печи, где традиционные горелки не могут эксплуатироваться. Кроме того, они создают активную циркуляцию печной атмосферы, что снижает перепад температур между низом и верхом садки, чем обеспечивается интенсификация процесса нагрева и обжига.

По нашему мнению, одним из наиболее достоверных способов оценки эффективности газогорелочных устройств является проведение сопоставительных испытаний на реальных образцах. Особый интерес при выборе оборудования представляют сами испытания образцов разных производителей (детальное сопоставление расходных, режимных параметров газогорелочных устройств на промышленном агрегате и влияние этих параметров на технологию нагрева и обжига).

Сотрудниками Института газа НАН Украины были проведены сопоставительные испытания газогорелоч-