

В.А. Пашинський, д.т.н., професор; **В.А. Настоящий**, к.т.н., професор; **В.В. Дарієнко**, к.т.н., доцент, **Г.Д. Портнов**, к.т.н., доцент; Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; **Є.О. Томаченко**, магістр будівництва ТОВ "БУДСПЕКТР", м. Кропивницький

ВИКОРИСТАННЯ МОНОЛІТНОГО ПІНОБЕТОНУ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

Анотація. Аналізується досвід використання монолітного пінобетону неавтоклавного твердіння для зведення стін малоповерхових будівель. Невисока вартість, екологічна чистота, достатньо високі механічні й теплотехнічні характеристики, низька чутливість до умов формування й твердіння дозволяють готувати бетонну суміш в умовах будівельного майданчика й використовувати її для улаштування монолітних несучих та огороджувальних конструкцій. Високої якості готовій конструкції додає використання пластикової опалубки GeoPanel, яка успішно використовується ТОВ "БУДСПЕКТР". Наведені приклади зведення монолітних стін підтверджують доцільність широкого використання неавтоклавного пінобетону при спорудженні й утепленні будівель різного призначення.

Ключові слова: пінобетон, монолітні конструкції, усадка бетону, теплоізоляція.

Постановка проблеми. Зростання обсягів житлового будівництва на фоні підвищення вартості енергоносіїв робить все більш актуальною проблему забезпечення енергоефективності житла. Існує стійка тенденція підвищеного попиту на конструкційно-теплоізоляційні вироби та місцеві енергоефективні стінові матеріали для малоповерхового будівництва. Одним з таких матеріалів є автоклавний газобетон, який використовується у вигляді блоків заводського виробництва. Відсутність достатніх виробничих потужностей змушує споживачів купувати й завозити газобетонні блоки з віддалених районів нашої держави або навіть з Білорусі, Фінляндії та країн Балтії. Це обумовлює необхідність упровадження в практику будівництва дешевих та ефективних місцевих матеріалів з високими теплофізичними й механічними характеристиками, які можна використовувати на об'єктах з мінімальною прив'язкою до заводів будівельної індустрії.

Аналіз останніх досліджень та нерозв'язаних питань. Аналіз публікацій та досвіду сучасного будівництва показує, що одним з ефективних конструкційно-теплоізоляційних стінових матеріалів є ніздрюватий бетон різних видів. Вимоги до технічних характеристик ніздрюватих бетонів і виробів з них встановлені стандартами [1...3]. Проаналізовані в роботах [4, 5] експлуатаційні властивості та ніздрюватого бетону показують, що він є екологічно чистим, негорючим матеріалом з досить високими тепловими й механічними характеристиками. Практичний досвід використання неавтоклавного пінобетону викладено в роботі [6], а рекомендації щодо вибору оптимальної марки ніздрюватого бетону для зведення стін цивільних будівель надані в статті [7]. Найбільшу міцність мають автоклавні газобетони [1], але складна технологія виготовлення дозволяє використання їх лише у формі готових виробів, тобто блоків різних розмірів.

Сфера використання ніздрюватих бетонів може бути розширена за рахунок використання монолітного пінобетону неавтоклавного твердіння, для виробництва якого промисловість пропонує мобільні установки різної потужності. Для розв'язання цієї проблеми необхідно налагодити просту й практично

доступну технологію виготовлення пінобетону із заданими властивостями безпосередньо на будівельному майданчику, проаналізувати галузі його ефективного використання та розробити способи контролю якості готових монолітних конструкцій.

Мета роботи полягає у висвітленні вітчизняного досвіду виробництва безавтоклавного пінобетону та його використання в монолітних несучих та огороджувальних конструкціях будівель різного призначення.

Технологія виготовлення й технічні характеристики пінобетону. Зведення енергоефективних будівель різного призначення є одним з найважливіших напрямків діяльності ТОВ "БУДСПЕКТР" (м. Кропивницький). Наявність мобільної установки з виробництва пінобетону неавтоклавного твердіння дає змогу використовувати дешевий, екологічно чистий, негорючий, ефективний конструкційно-теплоізоляційний матеріал з високими теплофізичними характеристиками, який виготовляється безпосередньо на будівельному майданчику.

Технологічний процес приготування пінобетонної суміші полягає в тому, що піноутворювач змішують з водою, після чого в отриману піну додають цемент і пісок. Пориста структура досить швидко формується шляхом інтенсивного механічного перемішування в мобільній установці. Густина пінобетону регулюється кількістю введеної піни. Досвід показав, що температура навколишнього середовища, точність дозування компонентів, сталість властивостей в'язучого і кремнеземистих заповнювачів не виявляють істотного впливу на властивості пінобетону.

Склад пінобетонної суміші, що використовується ТОВ "БУДСПЕКТР", наведено в таблиці 1. Для створення пористої структури використовуються піноутворювачі на основі кісткового клею (ГОСТ 2067), соснової каніфолі (ГОСТ 19113), смоли деревної омиленої (ТУ 13-0281078-93) та морпену (ТУ 0258-001-01013393-94). З метою зниження усадки до складу пінобетону вводяться добавки-мінералізатори, які проникають в пори: будівельний гіпс марки не нижчої за Г-7, глиноземний цемент, солі соляної і фторної кислоти.

Таблиця 1. Склад пінобетонної суміші, який використовується ТОВ "БУДСПЕКТР"

Технічні характеристики	Од.вим.	Марка пінобетону					
		400	600	800	1000	1200	1400
Пісок	кг	-	70	220	340	680	760
Цемент	кг	320	460	480	500	520	540
Вода в розчині	л	154	200	211	215	218	221
Вода в піні	л	56	47	42	36	28	24
Піноконцентрат	кг	1,4	1,17	1,05	0,91	0,69	0,61
Піна	л	800	715	630	560	460	370
Водоцементне відношення		0,65	0,53	0,52	0,50	0,47	0,45
Пористість	%	80	71	63	56	46	37

Таблиця 2. Результати лабораторних досліджень пінобетонних блоків виробництва ТОВ "БУДСПЕКТР"

Розміри блоків, мм	Марка за густиною, кг/м ²	Міцність на стиск, МПа	Теплопровідність, Вт/м*К	Морозостійкість, F
200×200×400	700	2,7...3,0	0,18	35
200×300×500	700	2,7...3,0	0,18	35
100×300×400	700	2,7...3,0	0,18	35
120×300×500	700	2,7...3,0	0,18	35
100×300×500	400	1,0	0,10	25
120×300×500	400	1,0	0,10	25

Оптимальна кількість введених добавок знаходиться в межах від 6% до 10% від маси цементу. Вологісна усадка отриманого пінобетону складає 0,8...0,9 мм/м, тобто в 3 рази менша від допустимої за вимогами стандарту [1]. Отриманий пінобетон має підвищену тріщиностійкість і придатний для монолітного будівництва та виготовлення стінових блоків, про що свідчать результати лабораторних випробувань, які наведено в таблиці 2.

Слід також звернути увагу, що при використанні нестійкої піни відбувається усадка й розшарування пінобетонної суміші, а при надмірному збільшенні в'язкості піноутворюючого розчину зменшується рухливість піни та відповідно погіршується її перемішування з розчинними компонентами.

Лабораторні дослідження пінобетону виробництва ТОВ "БУДСПЕКТР" проводилися в лабораторії з дослідження будівельних матеріалів державного підприємства "Кіровоградстандартметрологія". Пінобетонні блоки виготовлені за описаною вище технологією з використанням мобільної установки для приготування пінобетонної суміші. Процес досліджень міцності зразків відображено на рисунках 1 та 2.

Наведені в таблиці 2 технічні характеристики відповідають вимогам стандартів [1...3] до неавтоклавних

ніздрюватих бетонів та до стінових блоків з них.

Технологія влаштування монолітних конструкцій з неавтоклавного пінобетону. Пінобетон власного виробництва широко використовуються ТОВ "БУДСПЕКТР" в малоповерховому котеджному та дачному будівництві в м. Кропивницький та в Кіровоградській області. Найважна установка вертикального змішування циклічної дії дозволяє приготувати понад 1м³ пінобетонної суміші протягом години. Бетонування ведеться шарами, товщина яких залежить від площі горизонтального перерізу конструкції. При бетонуванні конструкцій з невеликою площею (колонни, вузькі простінки тощо) товщина шару не повинна перевищувати 0,6 м. Наступні шари в опалубці заповнюються через 3...5 годин, залежно від густини вихідного розчину. Це відповідає терміну одержання достатньої конструкційної міцності матеріалу, та забезпечує від зменшення пористості внаслідок гідростатичного тиску суміші. У випадку великої перерви в бетонуванні для забезпечення монолітності конструкції слід зволожити поверхню контакту. Приклади виконання стін з монолітного пінобетону наведені на рисунках 3 та 4.

Високу продуктивність робіт з монолітним пінобетоном забезпечує опалубка GeoPlast. Модульна

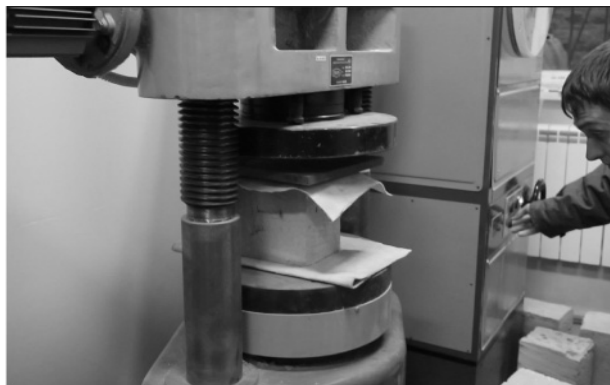


Рис. 1. Вигляд зразка перед випробуванням в дослідній машині Зим П-125



Рис. 2. Вигляд дослідного зразка після випробування



Рис. 3. Приклад використання монолітного пінобетону в якості внутрішніх стін торговельного комплексу в м. Кропивницький

збірно-розбірна конструкція дозволяє зібрати опалубку необхідної конфігурації та розмірів. Пластик ABS, з якого виготовлені панелі опалубки, забезпечує отримання правильної геометричної форми та гладкої поверхні забетонованих конструкцій, яка практично не потребує вирівнювання перед оздобленням. Невелика вага панелей (максимум 11 кг) забезпечує високу швидкість переміщення й монтажу опалубки для бетонування стін, колон, перекриттів та інших конструкцій навіть силами одного робітника. Приклади монтажу опалубки GeoPlast для бетонування різних конструкцій наведені на рисунку 5.

Області застосування, переваги та недоліки монолітного пінобетону.

До переваг застосування монолітного пінобетону в умовах будівельного майданчика можна віднести наступне:

- відсутні витрати на придбання та доставку щебеню, гравію, керамзиту;
- не потрібне протикорозійне покриття арматури;
- висока рухливість суміші дозволяє заливати будь-які форми та приховані порожнини, що значно спрощує укладання розчину і дає економію до 20% сумарних енерговитрат;
- при укладанні суміші не потрібна вібрація, що дає економію до 4 кВт на 1 м³ та істотно збільшує термін експлуатації опалубки;
- більш якісна лицьова поверхня зменшує витрати на оздоблювальні роботи на 15...20%;



Рис. 4. Використання опалубки GeoPlast для укладання монолітного пінобетону при улаштуванні огорожувальних конструкцій житлової будівлі в м. Знам'янка

- простота процесу дозволяє використовувати некваліфіковану робочу силу;
- використання пінобетону в якості самонесучих стін істотно знижує навантаження на фундаменти й несучі конструкції каркасів багатоповерхових будівель та відповідно - витрати сталі на їх армування.

Досвід зведення та експлуатації будівель з безавтоклавного пінобетону показав, що головними їх перевагами є відсутність дорогої термообробки (порівняно з 1991 роком вартість технологічної пари для автоклавів зростає в 30 разів) та можливість монолітного бетонування на будівельному майданчику без прив'язки до заводів будівельної індустрії. Мікроклімат зведених будівель комфортний для людини та близький до мікроклімату дерев'яного будинку. Враховуючи вказані переваги, описана технологія монолітного пінобетону використовується ТОВ "БУДСПЕКТР" у таких галузях:

- монолітне малоповерхове житлове будівництво;
- зведення мансард і надбудов багатоповерхових будівель, самонесучих зовнішніх і внутрішніх стін та перегородок;
- теплоізоляція покрівель, тепло- і звукоізоляція стін, підлог, перекриттів;
- заповнення пустот багат шарових огорожувальних конструкцій;
- виготовлення плит, блоків та каменів для малоповерхового будівництва.

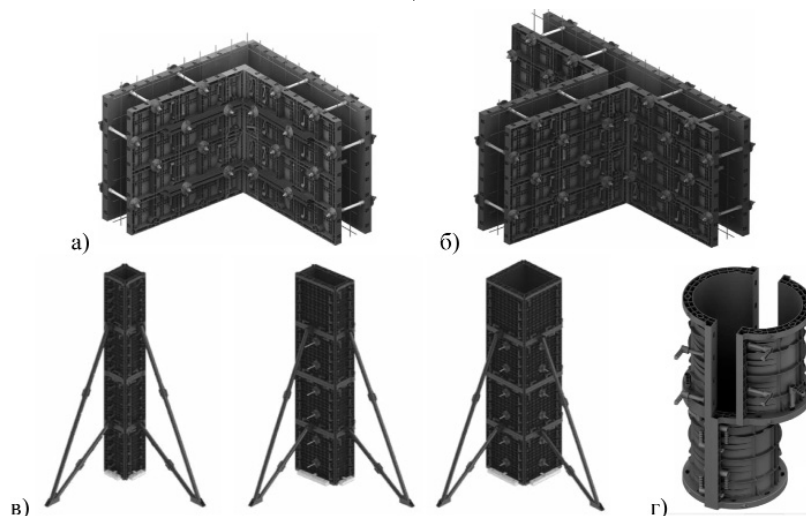


Рис. 5. Використання опалубки GeoPlast для влаштування несучих конструкцій: а - вирішення кута стіни; б - Т-подібний кут; в - прямокутна колонна; г - кругла колонна

Висновок. Упровадження технології монолітного пінобетону дозволяє вирішувати наступні економічні та технологічні завдання: скорочення термінів будів-

ництва, використання легкодоступних сировинних компонентів, зниження собівартості будівель і споруд та зменшення енерговитрат при їх експлуатації.

Література

1. ДСТУ Б В.2.7-45:2010. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови. - К., 2010. - 41 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-137:2008. Будівельні матеріали. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови. - К., 2008. - 16 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-164:2008. Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови. - К., 2009. - 11 с.
4. Грамбовецкий В.П. Ячеистый бетон в современном строительстве // Технология бетонов, 2007 - № 2. - С. 30-33.
5. Саницький М. А. Виробництво пінобетонів безавтоплавного твердіння в західному регіоні України / М. А. Саницький, В. В. Ілів, І. І. Павлюшин // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". - 2004. - № 495 : Теорія і практика будівництва. - С. 166-168.
6. Пашинський В.А. Практичний досвід використання збірного і монолітного неавтоклавного пінобетону при зведенні енергоефективних будівель ТОВ БУДСПЕКТР / В.А. Пашинський, В.А. Настоящий, ВВ Дарієнко, Є.О. Томаченко. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2016. - Вип. № 65. - С. 132-136.
7. Пашинський В.А. Оптимальні марки ніздрюватого бетону для стін цивільних будівель / В.А. Пашинський, С.О. Карпушин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2017. - Вип. № 68. - С. 91-95.

Reference

1. DSTU B V.2.7-45:2010. Betony nizdriuvati. Zahalni tekhnichni umovy. - K., 2010. - 41 s.
2. DSTU B V.2.7-137:2008. Budivelni materialy. Bloky z nizdriuvatoho betonu stinovi dribni. Tekhnichni umovy. - K., 2008. - 16 s.
3. DSTU B V.2.7-164:2008. Vyrobny z nizdriuvatykh betoniv teploizoliatsiini. Tekhnichni umovy. - K., 2009. - 11 s.
4. Grambovetskiy V.P. Yacheisty beton v sovremennom stroitelstve // Tekhnolohiya betonov, 2007 - № 2. - S. 30-33.
5. Sanytskyi M. A. Vyrobnystvo pinobetoniv bezavtoplavnoho tverdnennia v zakhidnomu rehioni Ukrainy / M. A. Sanytskyi, V. V. Iliy, I. I. Pavlyshyn // Visnyk Natsionalnogo universytetu "Lvivska politekhnika". - 2004. - № 495 : Teoriia i praktyka budivnytstva. - S. 166-168.
6. Pashynskiy V.A. Praktychnyi dosvid vykorystannia zbirnoho i monolitnoho neavtoklavnoho pinobetonu pry zvedenni enerhoefektyvnykh budivel TOV BUDSPEKTR / V.A. Pashynskiy, V.A. Nastoiashchyy, VV Dariienko, Ye.O. Tomachenko. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 2016. - Vyp. № 65. - S. 132-136.
7. Pashynskiy V.A. Optymalni marky nizdriuvatoho betonu dlia stin tsyvilnykh budivel / V.A. Pashynskiy, S.O. Karpushyn // Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 2017. - Vyp. № 68. - S. 91-95.

В.А. Пашинский, д.т.н., профессор; **В.А. Настоящий**, к.т.н., профессор; **В.В. Дариенко**, к.т.н., доцент; **Г.Д. Портнов**, к.т.н., доцент; Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий
Е.А. Томаченко, магистр строительства, ООО "БУДСПЕКТР", г. Кропивницкий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОНОЛИТНОГО ПЕНОБЕТОНА ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Анализируется опыт использования монолитного пенобетона неавтоклавного твердения для возведения стен малоэтажных зданий. Невысокая стоимость, экологическая чистота, достаточно высокие механические и теплотехнические характеристики, низкая чувствительность к условиям формирования и твердения позволяют готовить бетонную смесь в условиях строительной площадки и использовать ее для устройства монолитных несущих и ограждающих конструкций. Высокое качество готовой конструкции обеспечивает использование пластиковой опалубки GeoPanel, которая успешно используется ООО "БУДСПЕКТР". Приведенные примеры возведения монолитных стен подтверждают целесообразность широкого использования неавтоклавного пенобетона при строительстве и утеплении зданий различного назначения.

Ключевые слова: пенобетон, монолитные конструкции, усадка бетона, теплоизоляция.

V.A. Pashynskiy, Sc.D., Professor; **V.A. Nastoyashiy**; Ph.D., Professor; **V.V. Darienko**, Ph.D., Associate Professor, **G.D. Portnov**, Ph.D., Associate Professor; Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
E.O. Tomachenko, MSc, LLC "BUDSPEKTR", Kropyvnytskyi

THE USE OF MONOLITHIC FOAM CONCRETE FOR THE CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

Abstract. The experience of use of foam concrete for construction of the walls of low-rise buildings is analyzed. Low cost, environmental security, rather high mechanical and thermal performance and low sensitivity to the conditions of forming and hardening allows to prepare a concrete mix in the conditions of the construction site and use it as monolithic bearing and enclosing structures. The high quality of the finished structure is ensured by the use of GeoPanel plastic formwork, which is successfully used by LLC BUDSPECTR. The following examples of the construction of monolithic walls confirms the expediency of use of foam concrete for the construction and insulation of buildings of different types.

Key words: foam concrete, monolithic constructions, shrinkage of concrete, thermal insulation.