

ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ВОДОПОТРЕБИ РОЗЧИНОВОЇ СУМІШІ ПІНОБЕТОНУ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДІННЯ НА ЙОГО МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ

О.Б.Мартінова, канд. техн. наук

Одеський державний аграрний університет

Запропонована методика проектування складів та отримання пінобетону неавтоклавного твердіння з необхідними фізико-механічними показниками шляхом регулювання водопотреби розчинової суміші на підставі експериментальних досліджень і математичних моделей.

Ключові слова: водопотреба, водотверде відношення, механохімічна активація, неавтоклавне твердіння, математична модель, ізолінія, ізоповерхня.

Вступ. Технологічні особливості та деякі фізико-механічні характеристики ніздрюватих бетонів визначаються способом створення пористості. За способом пороутворення ніздрюваті бетони поділяють на газобетони і пінобетони [4, 6]. В газобетоні пористість створюється в результаті хімічних реакцій між пороутворювачем (переважно дисперсні порошки алюмінію) і компонентами газобетонної суміші. При цьому для нормальних умов реакції газоутворення необхідно, щоб лужність середовища (рН) була не менше 9. Необхідна лужність середовища забезпечується різновидом і активністю в'язучого (вапно) або лужними домішками. Процес пороутворення в газобетоні супроводжується зміною початкового об'єму суміші. В пінобетоні пористість створюють за рахунок змішування розчинної складової з технічною піною, одержуваної з розчинів піноутворювачів. Отримана в результаті їх змішування пінобетонна суміш видимого зміни об'єму не зазнає. Основними проблемами неавтоклавного пінобетону є: повільний набір міцності в ранні терміни; низька міцність і висока вологісна усадка. Причинами цього є адсорбція на частинках в'язучого ПАР (поверхнево-активної речовини) і високе водов'язуче відношення. І, як наслідок, обмежена область застосування в будівництві; складності при використанні струнних різальних комплексів. При застосуванні індивідуальних металевих форм існують певні недоліки:

- висока металоємність виробництва;
- наявність низькопродуктивної ручної праці при обслуговуванні форм;
- низька оборотність форм.

Можна виділити наступні способи впливу на причину [7]:

1. Застосування високомарочних в'язучих.
2. Застосування в'язучих, що швидко твердіють.
3. Введення хімічних добавок прискорювачів твердіння.

4. Зниження водов'язучого відношення за рахунок введення пластифікуючих добавок і наповнювачів.
5. Зниження концентрації ПАР за рахунок підвищення ефективності піноутворювачів.
6. Застосування механохімічної активації в'язучої.
7. Термічна активація процесу твердіння (для пінобетону автоклавного тверднення).

Процес твердіння і затвердіння пінобетону неавтоклавного твердіння супроводжується значними об'ємними змінами, що в кінцевому підсумку призводить до утворення тріщин і зниження фізико-механічних властивостей пінобетону. Основними джерелами об'ємних змін є хімічні реакції гідратації цементу (контракційна усадка) і вологісна усадка. Обидва види об'ємних змін безпосередньо пов'язані з витратою цементу. Зі збільшенням витрати цементу та у процесі його гідратації збільшується кількість гідратних новоутворень, об'єм яких менше об'єму вихідних реагентів - причина контракції. З іншого боку, зі збільшенням кількості цементу зростає кількість цементного гелю. Згодом, після дегідратації рідини, виникають усадкові тріщини. Збільшенню усадкових деформацій внаслідок втрати вологи в матеріалі сприяє також підвищена початкова кількість води замішування. Кількість води замішування також безпосередньо пов'язане з витратою цементу - компонентом сировинної суміші, що володіє найбільшою водопотребою.

Проблема. Рішення багатокритеріальної і багатофакторної задачі забезпечення необхідних фізико-механічних показників пінобетону неавтоклавного твердіння шляхом регулювання водопотреби розчинової суміші як одного з основних чинників при мінімальних матеріальних, енергетичних і трудових витратах на виробництво.

Мета досліджень. Підвищення міцнісних властивостей пінобетону шляхом зміни водопотреби розчинової суміші.

Методика досліджень. У технології ніздрюватих бетонів велике значення має поєднання у часі процесів створення пористості і наростання в'язкості та структурної міцності поризованої суміші. Порушення синхронності цих процесів призводить до зміни як загальної пористості, так і характеру пористості і, в кінцевому підсумку, зниження інших фізико-механічних показників [2, 3, 5]. Задача вивчення впливу змінних рецептурно-технологічних чинників на кінетику пластичної міцності пінобетону вивчалася наступним чином. У кожному рядку плану 3-хфакторного експерименту згідно розрахованим складам приготувляли пінобетонну суміш. Про водопотребу суміші судили по діаметру розпливу розчину, який визначається за допомогою віскозиметра Сутгарда. Оскільки величина діаметра розпливу розчину була постійною (270 ± 10 мм), про водопотребу розчинової суміші судили по зміні водотвердого відношення.

Результати досліджень. Вибір змінних факторів, а також рівнів їх варіювання базувався на підставі апріорної інформації. З безлічі рецептурно-технологічних факторів, що роблять вплив на якість пінобетону, були обрані фактори, які, з

одного боку, надають вплив на кінетику зростання пластичної міцності і на кінцеву міцність пінобетону, а, з іншого боку, підвищують ефективність в'язучої речовини, що прискорюють і підвищують ступінь гідратації цементу. Вибір факторів з такими якісними характеристиками в кінцевому підсумку дозволяє з безлічі рецептурно-технологічних поєднань підібрати такі, які забезпечували б отримання пінобетону не тільки з необхідними фізико-механічними показниками, але і найбільш прийнятні за економічними параметрами.

В якості таких чинників були обрані: X_1 - вміст наповнювача в суміші з цементом; X_2 - вміст добавки прискорювачі схоплювання твердіння цементу; X_3 - час активації розчинної суміші в реакторі швидкохідного змішувача.

Вибір факторів та інтервали їх варіювання зроблений таким чином, що дозволяє порівняти різні способи приготування пінобетону. Перша точка плану експерименту (всі фактори знаходяться на нижньому рівні варіювання) прийнята як контрольна. Рух вздовж осі фактора X_1 дозволяє визначити вплив кількості наповнювача на властивості пінобетону. Рух вздовж осі фактора X_2 або X_3 дозволяє визначити ступінь впливу способів активації (хімічної або механічної) на зміну властивостей пінобетону. В інших точках рецептурно-технологічного поля позначається корпоративний вплив прийнятих в експерименті змінних факторів (механохімічна активація).

На попередньому етапі досліджень були проведені досліди, які дозволили визначити, що для одержання стійкої комірчастої структури, отримання однорідної суміші розчину, що легко готується в розчинозмішуваче, діаметр плинності розчину по віскозиметру Суттарда повинен бути в межах 270 мм. Тому в експерименті витрату води в кожному рядку плану підбирали окремо, таким чином, щоб у всіх рядках діаметр розпливу розчину був постійним і рівним 270 ± 10 мм. Витрата розчинної суміші оцінювали величиною водотвердого відношення (В/Т). Крім того, у рядках плану, де розчинна суміш піддавалася активації в швидкохідному змішувачі, додатково вимірювали діаметр розпливу розчину після активації суміші. При цьому вимірювали приріст діаметра розпливу розчину після його активації порівняно з діаметром розпливу розчину до активації. Результати вимірювань наведені в таблиці 1.

Оскільки при визначенні значень В/Т розчину виконували до його активації, фактор X_3 не впливає на В/Т. Тому з отриманих значень був побудований двохфакторний план. В точках, де поєднання факторів однакові (наприклад, 1 і 5), значення водотвердого відношення призначали, як середньоарифметичне від двох показників.

Таблиця 1. Матриця планування експерименту і водопотреба розчинової суміші.

№ п/п	Фактори				
	X ₁	X ₂	X ₃	В/Т	Приріст діаметру розчину, мм
1	-	-	-	0,47	0
2	+	-	-	0,43	0
3	-	+	-	0,39	0
4	+	+	-	0,37	0
5	-	-	+	0,47	95
6	+	-	+	0,42	65
7	-	+	+	0,40	55
8	+	+	+	0,36	45
9	-	0	0	0,44	85
10	+	0	0	0,4	70
11	0	-	0	0,42	55
12	0	+	0	0,38	45
13	0	0	-	0,40	0
14	0	0	+	0,41	75
15	0	0	0	0,39	55

На підставі цих даних була побудована математична модель водотвердого відношення розчинової суміші (1).

$$B/T = 0,403 - 0,019X_1 - 0,029X_2 + 0,004X_1X_2 + 0,016X_1^2 - 0,004X_2^2, \quad (1)$$

За отриманою моделлю в системі EXCEL побудована графічна залежність водопотреби розчинової суміші від вмісту наповнювача (Н) і добавки (Д) у вигляді ізоповерхні (рис. 1).

Як впливає з експериментальних даних і наведеного графіка у всьому діапазоні досліджуваних факторів значення В/Т змінюється від 0,37 до 0,47.

З графіка видно, що обидва чинника мають достатній вплив на зміну В/Т. Причому, як із збільшенням кількості наповнювача, так і зі збільшенням кількості добавки витрата розчинової суміші знижується практично в обернено пропорційної залежності.

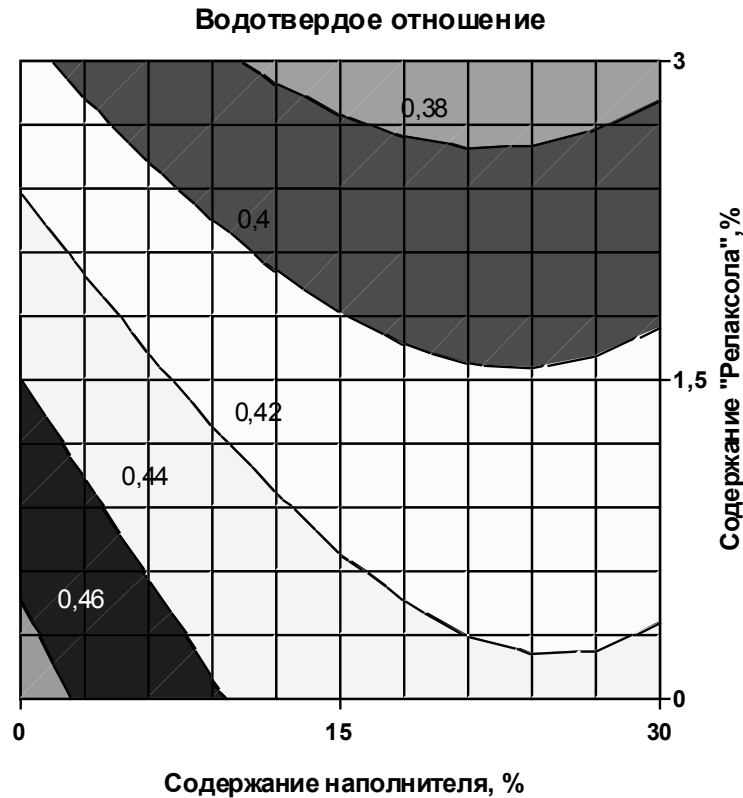


Рис. 1. Изолинии В/Т

В результаті встановлено, що «компонент 1» добавки «Релаксол-Універсал В» надає також і пластифікуючу дію.

Математично модель приросту діаметра розпливу розчину в результаті активації розчинової суміші має вигляд:

$$\Delta d = 63 - 4,5X_1 - 7X_2 + 33,5X_3 + 3,8X_1X_2 - 3,8X_1X_3 - 7,5X_2X_3 + 12,5X_1^2 - 15X_2^2 - 28X_3^2, \quad (2)$$

Графічна інтерпретація математичної моделі наведено у вигляді ізоповерхонь приросту діаметра розпливу розчину на рис. 2 (а, б, в).

Розглядаючи графічні залежності, слід звернути увагу на значне підвищення діаметра розпливу розчину в результаті механічної активації розчинної складової у швидкісному змішуваче. Як відзначають дослідники, які займалися вивченням механохімічної активації мінеральних в'язучих [1], цей ефект відбувається з-за того, що в результаті зіткнення частинок твердої фази одна до одної, а також зі стінками реактора швидкісного змішувача, збільшується кількість цементного гелю, який виконує роль мастила між частинками.

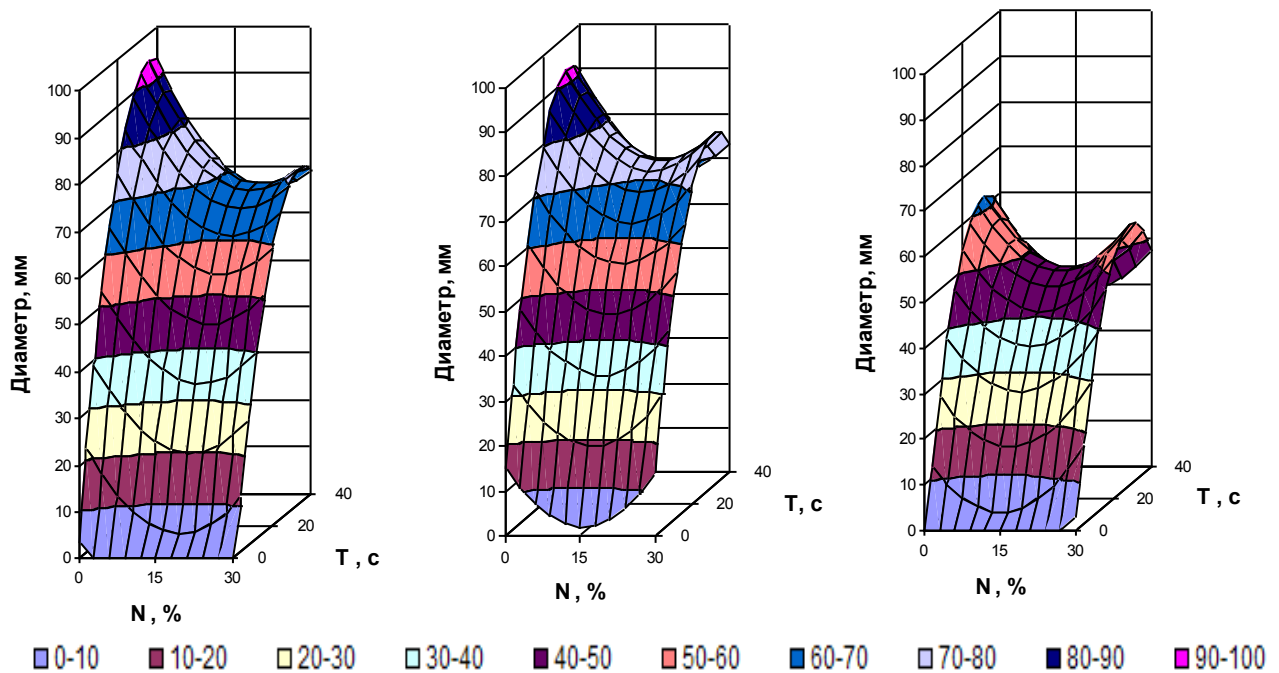


Рис. 2. Прирощення діаметру розпливу розчину

В результаті ефекту пластифікації за рахунок активації розчину в швидкісному змішувачі у даному експерименті діаметр розпливу розчину збільшується до 95 мм. Причому слід звернути увагу, що існує оптимальний час обробки розчину в швидкісному змішуваче. У нашому випадку цей час становить 20...30 секунд. Після цього прирощення розпливу розчину стабілізується, а в деяких випадках знижується. Зниження ефекту пластифікації спостерігається при підвищенні кількості наповнювача. Це можна пояснити тим, що в результаті механічного зіткнення частинок відбувається збільшення питомої поверхні наповнювача і, як наслідок, підвищення водопотреби суміші. Що стосується впливу витрати добавки «Релаксол-Універсал В» на приріст діаметра розпливу розчину, слід зазначити, що при вмісті добавки до 1,5% вона не дає істотного впливу на цей показник. При подальшому збільшенні вмісту добавки до 3% ефективність механохімічної активації знижується.

Висновки: В результаті механохімічної активації розчинної складової спостерігається пластифікуючий ефект, який може бути використаний при проектуванні складів пінобетону і служити резервом підвищення його фізико-механічних властивостей за рахунок зниження водоцементного відношення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин. – Одеса: Астропринт, 2002. – 99 с.

2. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Шейнич Л.А., Гелевера А.Г. Основы технологии отделочных тепло- и гидроизоляционных материалов. – К.: Вища школа, 1986. – 303 с.
3. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. - М.: Стройиздат, 1980. - 396 с.
4. Мартынов Е.В. Долговечность конструкций из автоклавных бетонов // Тез. докл. II респ. конф. – Таллинн, 1975. – 304 с.
5. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов. - М.: Стройиздат, 1970. – 384 с.
6. Легкий жаростойкий бетон ячеистой структуры. / В.М.Горин, В.Ю.Сухов, П.Ф.Нехаев и др. // Строительные материалы - № 8 – М., 2003. - С. 17-19.
7. Мартынов Е.В., Казмирчук Н.И, Мартынова Е.Б. Исследование влияния рецептурно-технологических факторов на водопотребность и прочность неавтоклавного пенобетона // Вісник ОДАБА - Вип. 15 – Одесса: Місто майстрів, 2004. - С. 220-225.

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ВОДОПОТРЕБНОСТИ РАСТВОРНОЙ СМЕСИ ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ЕГО ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА

Мартынова Е.Б.

Ключевые слова: водопотребность, водотвердое отношение, механохимическая активация, неавтоклавное твердение, математическая модель, изолиния, изоповерхность.

Резюме

Предложена методика проектирования составов и получения пенобетона неавтоклавного твердения с требуемыми физико-механическими показателями путем регулирования водопотребности растворной смеси на основании экспериментальных исследований и математических моделей.

TO THE QUESTION OF STUDYING THE EFFECTS OF WATER DEMAND OF THE MIXTURE OF NON-AUTOCCLAVE FOAMED CONCRETE HARDENING IN HIS STRENGTH PROPERTIES

Martynova E.B.

Key words: water requirement, water-solids ratio, mechanochemical activation, non-autoclave hardening, mathematical model, isoline, isosurface.

Summary

The technique of designing formulations and receiving non-autoclave foam concrete hardening with the required physical and mechanical properties by adjusting the water demand of the mixture on the basis of experimental studies and mathematical models is suggested.