

## МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДІВ ПІНОБЕТОНУ З НЕОБХІДНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ПІДСТАВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

**Коваль П.М.**

**Кушнір О.В.**

*Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна*

**Мартинов В.І.**

*Одеська Державна академія будівництва та архітектури*

---

Однією з найважливіших задач в забезпеченні необхідної якості штучних будівельних матеріалів є раціональний і правильний добір початкових компонентів.

За більш ніж вікову історію бетону розроблено багато різних методів і способів проектування складів. Всі ці методи носять розрахунково-експериментальний або експериментально-розрахунковий характер [1, 2].

При проектуванні складів бетону розрахунково-експериментальні методики застосовуються як на стадії лабораторних підборів, так і при апробації їх у виробничих умовах. При використанні експериментально-розрахункових методик перевірка відповідності необхідних показників проводиться тільки у виробничих умовах, оскільки склади призначаються на підставі експериментальних даних.

Методики розрахунку складів важкого бетону спрямована на забезпечення необхідної міцності бетону. Ця задача ускладнюється при проектуванні складів легких і коміркуватих бетонів, де необхідно забезпечити не тільки показники міцності, але і отримати матеріал необхідної густини.

Методика розрахунку складів ніздрюватого бетону, що приводиться в літературі, передбачає розрахунок складу для забезпечення необхідної густини і ніяк не враховує необхідних характеристик міцності матеріалу [2, 3]. Міцність визначається після виготовлення і випробування зразків. У випадку незабезпечення складом необхідних показників за міцністю необхідно коригувати склад і знову його перевіряти. Оскільки марковна міцність матеріалів на основі портландцементу визначається в 28-ми добовому віці, процес добору складів, що забезпечують необхідну міцність, може бути достатньо тривалим і трудомістким. Крім того, в методиці, яка пропонується для застосування нормативними документами [2, 3], використовується велика кількість різних емпіричних коефіцієнтів, залежних від характеристик матеріалів, які використовуємо, і способу тверднення бетону.

Охарактеризована вище методика добору складів ніздрюватого бетону приводиться в літературі 30-40-літньої давності. За цей час в технології коміркуватих бетонів відбулися суттєві зміни, особливо це стосується використання різних хімічних добавок, за допомогою яких можна в значній мірі регулювати властивості ніздрюватого бетону.

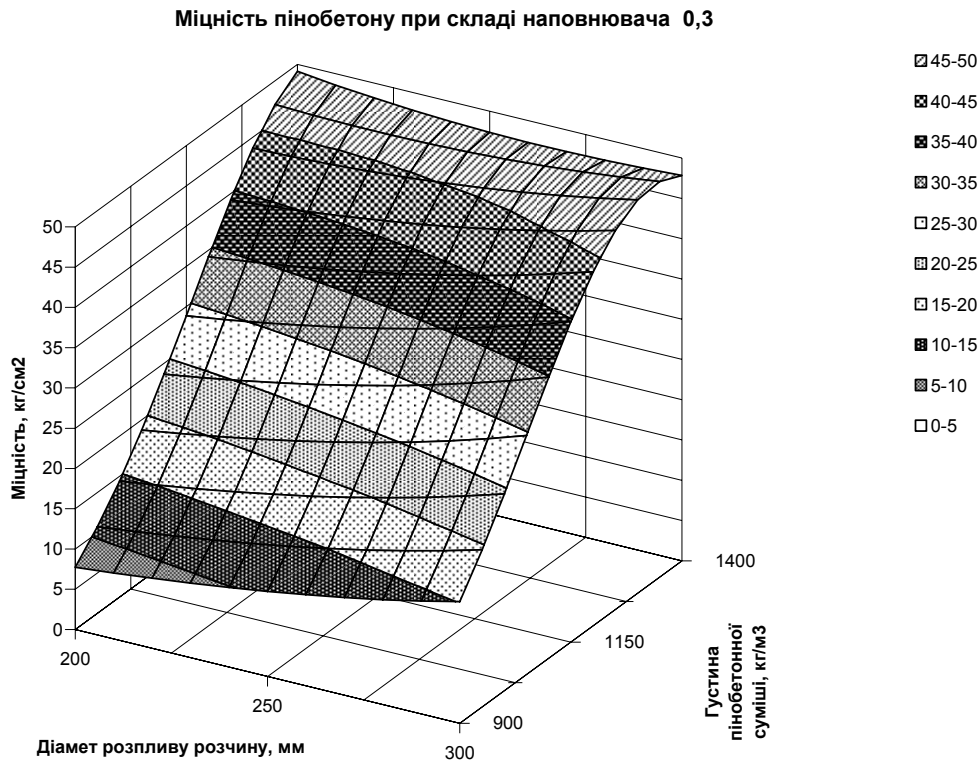
В цій роботі представлено розроблений алгоритм розрахунку складів пінобетону, що забезпечує необхідні показники міцності і середньої густини. В основу закладено інформацію, отриману в результаті реалізації трифакторного експерименту, охарактеризованого в роботі [5].

Даний підхід дозволяє вивчити поведінку матеріалу у всьому об'ємі з багатьма чинниками. А спільний аналіз експериментально-статистичних моделей дозволяє прогнозувати отримання матеріалу не тільки з необхідною середньою густиною, але також міцністю, водостійкістю, характеристиками реології та ін.

Розрахунок складу, що забезпечує отримання пінобетону необхідної міцності, проводиться на підставі математичної моделі логарифма міцності пінобетону середньою густини в сухому стані і має вигляд:

$$\ln(R) = 28,067 - 5,100b_1 - 0,800b_2 + 14,700b_3 + 0,625b_{12} - 1,375b_{13} - 2,875b_{23} - 2,833b_{11}^2 + 0,667b_{22}^2 - 1,833b_{33}^2 \quad [1.1]$$

Далі на підставі математичної моделі проводять побудову ізоліній міцності пінобетону (рис. 1).



*Рис. 1. Ізолінії міцності пінобетону*

Ізолінії міцності побудовано при фіксованому значенні чинника  $X_1$  – кількості наповнювача.

Далі за ізолінією необхідної міцності призначається склад компонентів пінобетонної суміші, що забезпечує отримання цієї міцності.

Заздалегідь за ізолініями водопотреби суміші розчину визначають значення В/Т відношення (рис. 2).

Наприклад, необхідно запроектиувати пінобетон міцністю 4,6 МПа. По ізолініях міцності можна бачити, що такій міцності відповідає достатньо велика сукупність точок простору чинника і, відповідно, безліч різних складів. Враховуючи економічні параметри, вибираємо область простору чинника з мінімальною кількістю в'язного і мінімальною густиною. Ці умови виконуються при вмісті наповнювача 30 % і густині суміші 1220 кг/м<sup>3</sup>. Таким чином, є всі необхідні дані для розрахунку складу пінобетону. Витрату компонентів пінобетонної суміші розраховують за формулами (1.2–1.4).

Водопоглинання пінобетону при кількості наповнювача 0,3

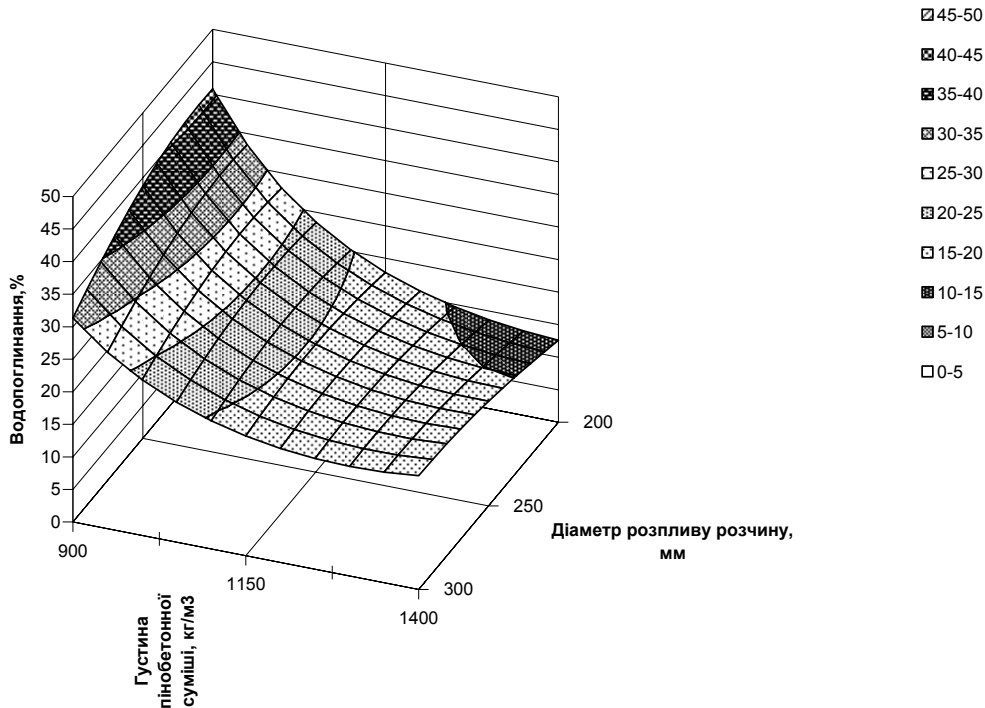


Рис. 2. Ізолінії водопоглинання

Приклад розрахунку:

Витрата цементу:

$$Ц = n \cdot T \cdot K = 1220 \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 725,9 \text{ кг} \quad [1.2]$$

Витрата наповнювача:

$$H = T - Ц = 1220 - 725,9 = 494,1 \text{ кг} \quad [1.3]$$

Витрата рідини замішування:

$$P = T \cdot B/T = 1220 \cdot 0,40 = 488 \text{ кг} \quad [1.4]$$

де  $T$  – сумарний вміст твердих складових в пінобетоні, кг;

$Ц$  – витрата цементу, кг;

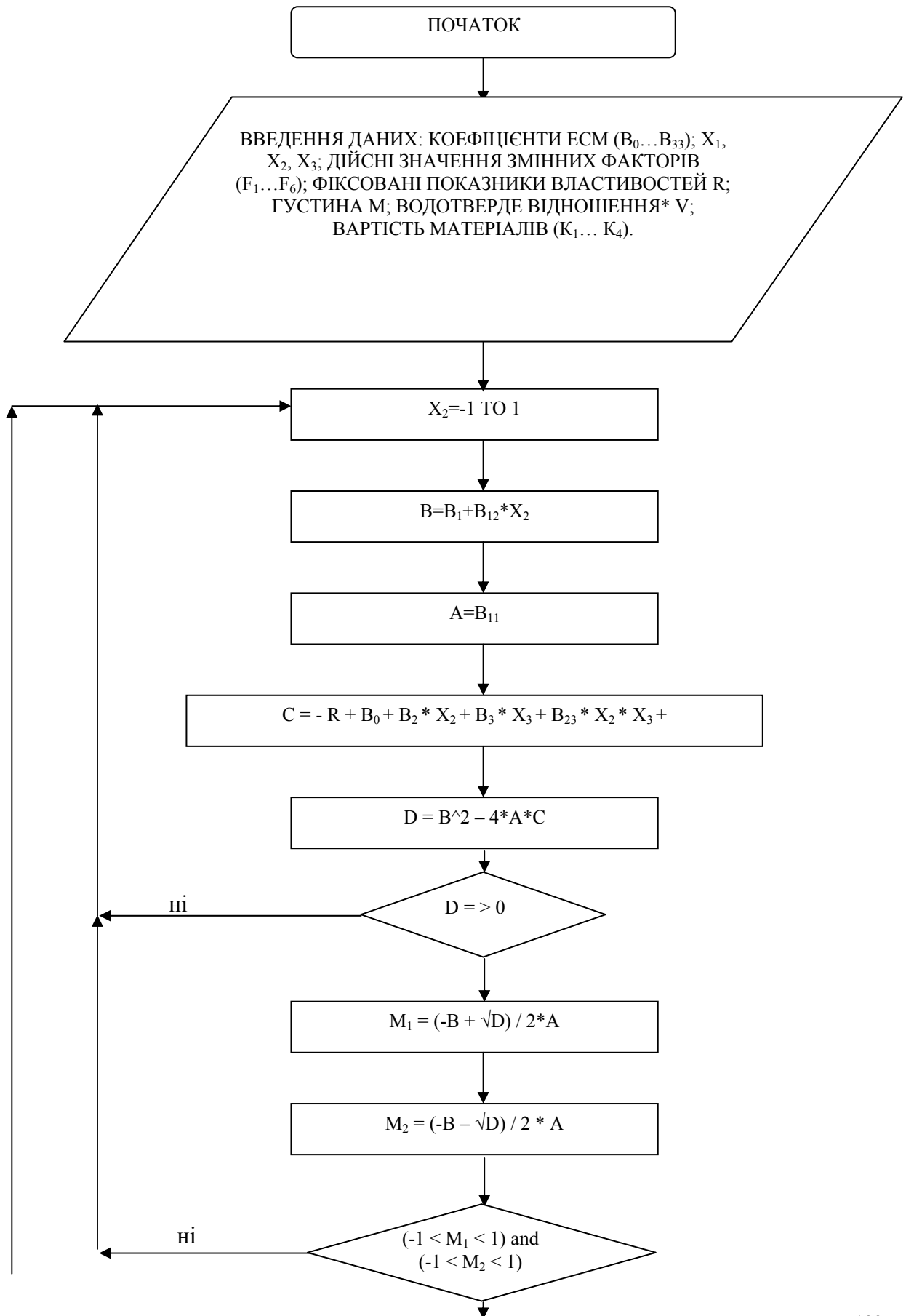
$H$  – витрата наповнювача, кг;

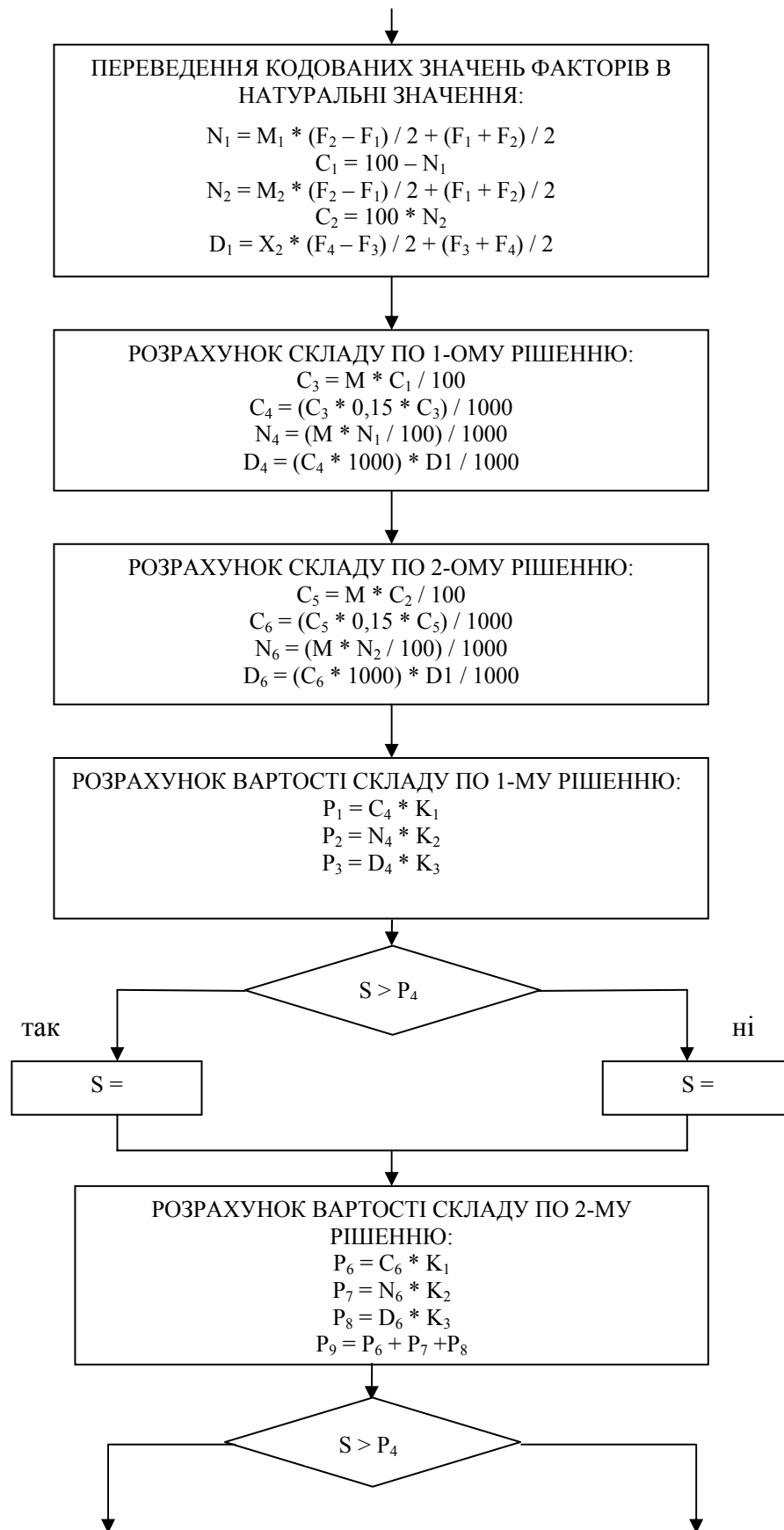
$B$  – витрата води, л;

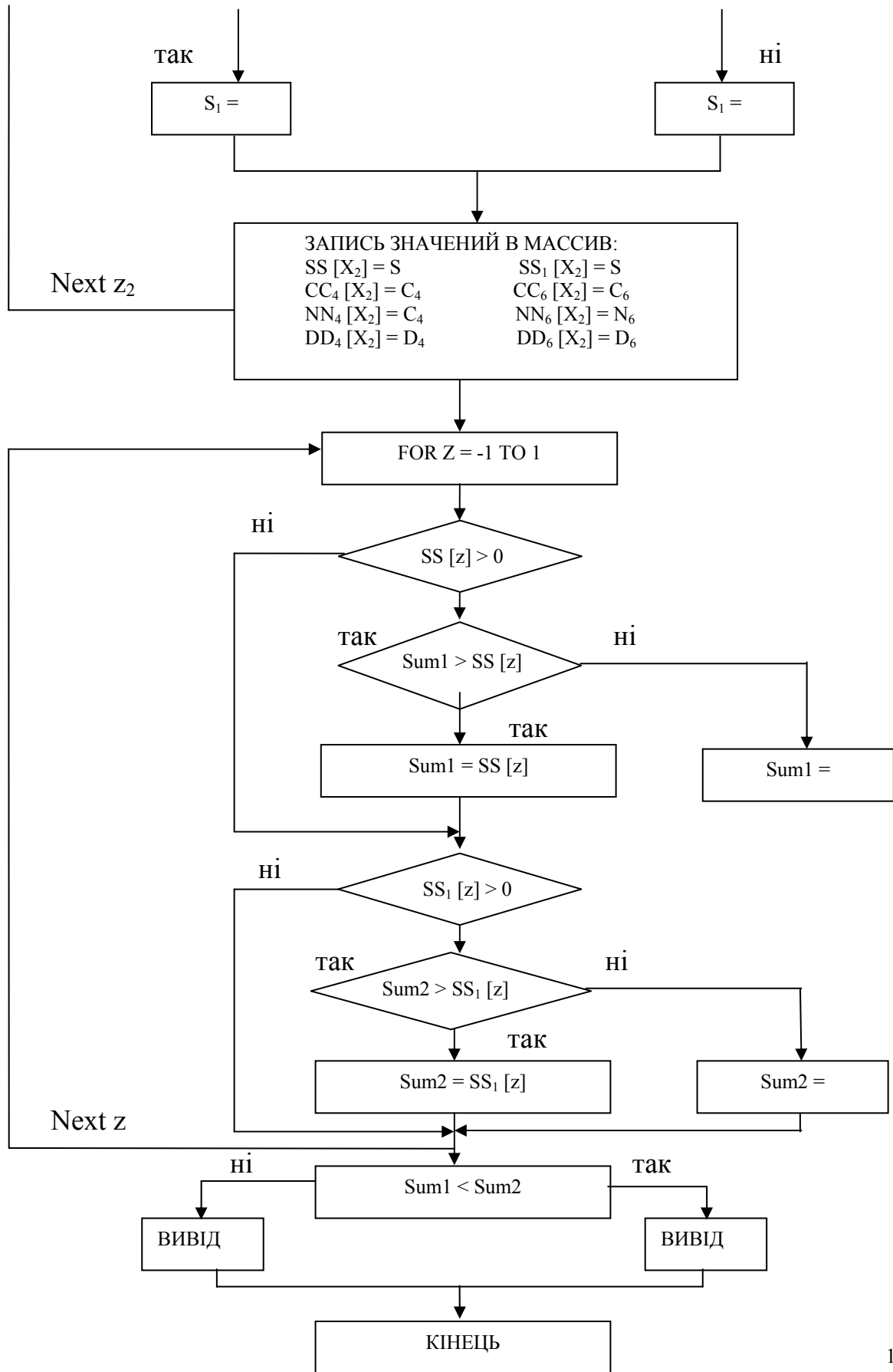
$K$  – коефіцієнт, що враховує кількість хімічно зв'язаної води,  $K = 0,85-0,9$ ;

$n$  – частка цементу в сухих компонентах.

Для полегшення трудомісткості розрахунків розроблена блок-схема розрахунку складів пінобетону із заданими показниками міцності і з урахуванням вартості сировинних матеріалів. Блок-схема приведена нижче.







ВОДОТВЕРДЕ ВІДНОШЕННЯ\*  $V - (V/T)$  кількість води, яка потрібна розчину суміші в залежності від складу наповнювача і добавки.

Блок-схема реалізована в програмі написаній мовою Delphi. В кінцевому випадку, ЕОМ розраховує найбільш економічний склад пінобетону, що забезпечує необхідні показники міцності.

**Расчет состава и себестоимости пенобетона**

Коэффициенты математической модели		Стоимость материалов		Экономичный состав	
$B_0$	28,067	Цемент	500	Цемент	741,232 кг/м <sup>3</sup> 370,61 грн.
$B_1$	-5,1	Наполнитель	100	Наполнитель	342,862 кг/м <sup>3</sup> 34,286 грн.
$B_2$	-0,8	Вода	1	Стоимость состава	404,90 грн.
$B_3$	14,7	Натур. знач. пер. факторов:		При $X_1 = -0,19 = 0,46$	
$B_{12}$	0,625		MIN MAX	При $X_2 = -0,9 = 205$	
$B_{13}$	-1,375	$X_1$	0,3 0,7	При $X_3 = 1 = 1400$	
$B_{23}$	-2,875	$X_2$	200 300	V/T	0,55
$B_{11}$	-2,833	$X_3$	900 1400	Фикс. показатель свойств	R 46
$B_{22}$	0,667			Версия 1.8.4	
$B_{33}$	-1,833			Кнопки: Расчет, Печать, Выход	

Рис. 3. Вид вікна програми “Розрахунок складів і вартості пінобетону”

На рисунку 3 приведено загальний вид екрану дисплея програми ЕОМ з прикладом розрахунку складу розчину пінобетону середньої густини 1400 кг/м<sup>3</sup>, діаметром розливу розчину 205 мм, вмістом наповнювача 46 % і міцністю 4,6 МПа. ЕОМ розраховує найбільш економічний склад, вартість якого також розраховується.

## Висновок

Запропонована методика дає можливість запроєктувати з використанням ЕОМ найекономічніший склад пінобетону необхідної середньої густини і міцності.

## Література

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Высшая школа. – 1987. – 414 с.
2. Руководство по подбору составов тяжелого бетона // НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Госстройиздат. – 1987. – 101 с.
3. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона СН 277-80 – Стройиздат, 1981. – 43 с.
4. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1970. – 384 с.
5. Мартынов В.И., Мартынова Е.Б. Методика проектирования составов неавтоклавного пенобетона с требуемыми свойствами на основании экспериментально-статистических моделей. Зб. наук. праць: „Аграрний вісник Причорномор’я”, випуск 24. – Одеса: ОДАУ. – 2004. – С. 97-100.