



УКРАЇНА

(19) UA (11) 65900 (13) U
(51) МПК (2011.01)
C04B 28/00
C04B 111/20 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ ЦЕМЕНТНОГО ТІСТА

1

(21) а201106601
(22) 26.05.2011
(24) 26.12.2011
(46) 26.12.2011, Бюл.№ 24, 2011 р.
(72) ТОЛМАЧОВ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, БЕЛІЧЕНКО ОЛЕНА АНАТОЛІЇВНА
(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, ТОЛМАЧОВ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, БЕЛІЧЕНКО ОЛЕНА АНАТОЛІЇВНА
(57) Спосіб визначення в'язкості цементного тіста за допомогою металевої пластини, на якій розташований конус для випробування цементного тіста

2

та стандартного вібромайданчика, в якому вимірюють діаметр розпливу конуса, причому в'язкість цементного тіста розраховується по формулі:

$$\eta = \frac{m \cdot g}{12 \cdot \pi^2 \cdot d \cdot v \cdot x_m},$$

де m - маса цементного тіста (кг),
 g - прискорення вільного падіння (9,8 м/с²),
 d - діаметр розпливу цементного тіста (м),
 v - частота коливань (1/с),
 x_m - амплітуда коливань (м).

Дана корисна модель належить до області досліджень реологічних властивостей цементного тіста і може використовуватися в промисловості будівельних матеріалів для визначення в'язкості цементного тіста з урахуванням водоцементного відношення і нормальної густоти цементного тіста.

Відомий спосіб визначення зручноукладності цементно-піщаної суміші [Патент РФ № 2015511 С1 "Способ определения удобоукладываемости цементно-песчаной смеси", опубл. 30.06.1994 г.], який ґрунтується на визначенні нормальної густини цементного тіста, структурної в'язкості цементного тіста з урахуванням водоцементного відношення та нормальної густини. Визначають істинну густину цементу та істинну густину піску у віброущільненому стані в цементному тісті. Визначають загальну поверхню зерен більше 0,31мм та об'єм цементного тіста в м³ цементно-піщаної суміші, потім по формулі розраховують проміжок між адсорбованими плівками цементного тіста на поверхні зерен більше 0,31мм. Зручноукладність цементно-піщаної суміші розраховують по формулі.

Недоліком такого способу визначення зручноукладності є його складність і трудомісткість, що приводить до необхідності проведення додаткових спеціальних операцій для визначення фізичних властивостей матеріалу та складних математичних розрахунків. Такий спосіб визначення зручноукладності обмежений тільки цементно-піщаними

розчинами та не підлягає застосуванню для цементного тіста.

Відомий спосіб визначення консистенції цементного розчину за допомогою струшуючого столика [Випробування дорожньо-будівельних матеріалів: Лабораторний практикум/ За ред. Золотарьова В.О. Навчальний посібник. - Харків: Видавництво ХНАДУ, 2006. - 352 с.]. У середині струшуючого столика встановлюють форму-конус із насадкою, заповнюють конус двома шарами розчинної суміші, при цьому кожен шар ущільнюють металевою штиковкою. Далі знімають конус і здійснюють 30 струшувань столика з розчинною сумішшю. Після цього визначають діаметр розпливу конуса розчинної суміші.

Даний спосіб не підлягає застосуванню для визначення в'язкості цементного тіста, тому що не відповідає реальним умовам поведінки тіста при ущільненні цементобетонних сумішей під впливом вібрації (віброущільнення).

Відомий спосіб визначення зручноукладності бетонної суміші [ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань. - Київ: Держбуд України, 2002]. Зручноукладність бетонної суміші характеризується показниками рухомості. Рухомість бетонної суміші оцінюють по осадки конуса або розпливу конуса, відформованого з бетонної суміші. Для визначення рухомості бетонної суміші із зернами крупного заповнювача по осадки кону-

(13) U
(11) 65900
(19) UA

са, встановлюють конус на гладкий металевий лист і заповнюють його бетонною сумішшю через воронку в три шари однакової висоти, ущільнюючи кожен шар штикуванням. Конус плавно знімають із відформованої бетонної суміші у вертикальному напрямку і встановлюють поруч із нею. Осаду конуса бетонної суміші визначають, укладаючи гладкий стрижень на верх форми та вимірюючи відстань від нижньої поверхні стрижня до вершу бетонної суміші з похибкою не більше 0,5 см. Розплив конуса бетонної суміші оцінюють по нижньому діаметру коржа (у см), що утворився в результаті розпливу бетонної суміші при визначенні рухомості по осадки конуса. Розплив конуса бетонної суміші визначають виміром лінійкою діаметра коржа, що розплився, у двох взаємно перпендикулярних напрямках, з похибкою не більше 0,5 см.

Такий спосіб визначення зручності обмежений тільки бетонними сумішами з крупним заповнювачем (щебенем або гравієм), не підлягає застосуванню для визначення рухомості і в'язкості цементного тіста. Не відповідає реальним умовам поведінки цементного тіста при ущільненні цементобетонних сумішей під впливом вібрації (віброущільнення).

Як прототип вибраний спосіб визначення в'язкості, що є найбільш близьким по технічній суті до запропонованої корисної моделі [Патент РФ № 2295718 С2 "Способ определения вязкости", опубл. 20.03.2007 г., бюл. № 8]. Суть такого способу визначення в'язкості полягає в наступному: чутливий елемент у вигляді кульки, який з'єднаний перекинутою через блок гнучкою ниткою із противагою, що перебуває в повітрі, поміщають у вимірюване в'язке середовище та реєструють переміщення кульки. Кулька та противага виконуються однакової маси, що забезпечує їхнє зрівноваження в повітрі. Кульку занурюють у вимірюване в'язке середовище на певну глибину і розганяють в гору під дією сили Архімеда. Після цього вимірюють висоту підскакування кульки над поверхнею в'язкого середовища по градуйованій шкалі, по величині якої судять про в'язкість.

Недоліком цього способу є велика трудомісткість експерименту та необхідність додаткового спеціального обладнання. Крім цього точність визначення в'язкості є низкою та не забезпечується навіть при проведенні численних випробувань.

В умовах виробництва найпоширенішим способом ущільнення бетонних сумішей є віброущільнення.

В основу корисної моделі поставлена задача вивчення поведінки цементного тіста та визначення в'язкості цементного тіста під впливом вібрації, тобто в умовах максимально наближених до умов формування бетонних виробів. Підвищення точності визначення в'язкості, зменшення трудомісткості експерименту за рахунок використання стандартного обладнання - вібромайданчика.

Поставлена задача вирішується тим, що за допомогою металевої пластини, на якій розташований конус для випробування цементного тіста та стандартного вібромайданчика вимірюють діаметр

розпливу конуса, причому в'язкість цементного тіста розраховують по формулі:

$$\eta = \frac{m \cdot g}{12 \cdot \pi^2 \cdot d \cdot v \cdot x_m},$$

де m - маса цементного тіста (кг),

g - прискорення вільного падіння ($9,8 \text{ м/с}^2$),

d - діаметр розпливу цементного тіста (м),

v - частота коливань (1/с),

x_m - амплітуда коливань (м).

Технічний результат запропонованої корисної моделі пояснюють кресленнями та графіками, на яких зображено:

Фіг.1 - Металева пластина, на якій розташований конус для випробування цементного тіста.

Фіг.2 - Конус для випробування цементного тіста та штиковка.

Фіг.3 - Розплив цементного тіста.

Фіг.4 - Залежність рухомості цементного тіста (розпливу конуса) від водоцементного відношення.

Фіг.5 - Залежність в'язкості цементного тіста від водоцементного відношення (графік), таблиця 1 - результати визначення рухомості та в'язкості цементного тіста в залежності від водоцементного відношення.

Спосіб здійснюють таким чином. На змочену водою металеву пластину (фіг.1) встановлюємо конус для випробувань цементного тіста. Діаметр верхньої основи конуса D_1 - 22мм (фіг.2), діаметр нижньої основи конуса D_2 - 47мм, висота конуса H - 60мм, металева штиковка висотою 120мм і діаметром 8мм. Конус заповнюють цементним тістом у три шари однакової висоти. Кожен шар на його висоту ущільнюють штикуванням металевою штиковкою по 10 ударів. Надлишок цементного тіста видаляють ножом, розташованим під невеликим кутом до поверхні конуса, заглажуючи з натиском тісто урівень із краями конуса. Знімаємо конус і поміщаємо на вібромайданчик на 20 секунд, причому частота і амплітуда коливань знаходяться в наступних межах: частота коливань $v=(290-2900)\pm 100$ коливань у хвилину, амплітуда коливань $x_m=(0,05-0,5)\pm 0,01$ мм. Після чого заміряємо найбільший діаметр розпливу цементного тіста (фіг.3). Далі по формулі (4) обчислюємо в'язкість цементного тіста.

Такий спосіб визначення в'язкості цементного тіста не є трудомістким, не вимагає складного і спеціального дорогого обладнання, забезпечує високу точність визначення в'язкості, підлягає застосуванню для малов'язких середовищ, не вимагає проведення додаткових спеціальних операцій для визначення фізичних властивостей матеріалу та важких математичних розрахунків, дозволяє скоротити час проведення експерименту. Даний спосіб визначення в'язкості дозволяє вивчати поведінку цементного тіста в умовах максимально наближених до умов формування бетонних виробів.

Теоретичним обґрунтуванням способу, що заявляється, є наступне. В'язкість являє собою явище виникнення сил, що перешкоджають відносному переміщенню шарів цементного тіста. Сили внутрішнього тертя спрямовані уздовж дотичних

шарів цементного тіста та залежать від їхніх відносних швидкостей. Дотичні шари цементного тіста під дією вібрації ковзають друг відносно друга з постійною швидкістю, що залежить від частоти і амплітуди коливань $v = 2 \pi \nu x_m$. Тому течія шарів цементного тіста під впливом вібрації є ламінарним стаціонарним. При ламінарній течії в'язкість визначається за законом Стокса [Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. - К.: Наук. думка, 1989. - 864 с. ISBN 5-12-000493-8]:

$$F = 6\pi\eta v d, \quad (1)$$

Після знімання конуса цементне тісто осідає під дією сили $F = mg$ та одночасно піддається вібрації.

Виразимо з формули (1) в'язкість η :

$$\eta = \frac{F}{6 \cdot \pi \cdot d \cdot v}, \quad (2)$$

оскільки

$$F = mg, \text{ а } v = 2 \pi \nu x_m, \quad (3)$$

тоді, підставивши у формулу (2) вирази (3), одержуємо формулу для обчислення в'язкості цементного тіста (4):

$$\eta = \frac{m \cdot g}{12 \cdot \pi^2 \cdot d \cdot \nu \cdot x_m}, \quad (4)$$

$$[\eta] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{м} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}} = \text{Па} \cdot \text{с},$$

де m - маса цементного тіста (кг),

g - прискорення вільного падіння ($9,8 \text{ м/с}^2$),

d - діаметр розпливу цементного тіста (м),

ν - частота коливань ($\nu = N/t$, де N - число коливань, t - час коливань, $[v] = 1/\text{с}$),

x_m - амплітуда коливань (м).

Приклад. Як приклад визначали рухомість цементного тіста (розплив конуса) залежно від водоцементного відношення. Приготування цементного тіста робили шляхом ручного перемішування в сферичній чаші, попередньо протертою мокрою тканиною. Спочатку цемент у сухому вигляді висипали в сферичну чашу, потім у центрі робили лунку і вливали в неї воду зачинення, вода усмоктувалася протягом 30 секунд і далі перемішували

суміш протягом 5 хвилин. Далі визначали діаметр розпливу цементного тіста.

На змочену водою металеву пластину (фіг.1) встановлюємо конус для випробувань цементного тіста. Конус фіг.2 заповнюємо цементним тістом у три шари однакової висоти. Кожен шар на його висоту ущільнюємо штикуванням металевою штиковою по 10 ударів. Надлишок цементного тіста видаляємо ножом, розташованим під невеликим кутом до поверхні конуса, заглажуючи з натиском тісто урівень із краями конуса. Знімаємо конус і поміщаємо на вібромайданчик на 20 секунд. Після чого заміряємо найбільший діаметр розпливу цементного тіста (фіг.3).

Вимірювання рухомості цементного тіста проводилися при частоті $\nu = 2030 \pm 100$ коливань у хвилину, і амплітуді коливань $x_m = 0,35 \pm 0,01$ мм протягом 20 секунд.

На фіг.4 та у таблиці 1 наведені результати визначення рухомості цементного тіста (розплив конуса) залежно від водоцементного відношення під впливом вібрації. Як очевидно з наведених даних (фіг.4 і табл. 1) для запропонованих складів цементного тіста з різним водоцементним відношенням спостерігається зміна рухомості (розплив конуса) цементного тіста.

Знаючи діаметр розпливу конуса цементного тіста, обчислюємо по формулі (4) в'язкість складів з різним водоцементним відношенням. Маса цементного тіста в конусі 0,1 кг. Частоту коливань необхідно перевести в систему СІ (міжнародну систему одиниць вимірювання) по формулі: $\nu = N/t$, $[v] = 1/\text{с}$, де N - число коливань, t - час коливань. Вимірювання рухомості цементного тіста (розплив конуса) проводилися при частоті $\nu = 2030$ коливань у хвилину, а час коливань $t = 20$ секунд, тому $N = (2030 - 20)/60 = 676,67$ (коливань за 20 секунд), тоді отримуємо частоту коливань $\nu = N/t = 676,67/20 = 33,83$ (1/с).

Для водоцементного відношення 0,2 ($B/C = 0,2$) розплив конуса дорівнює 5,65 см (табл. 1), розраховуємо в'язкість для цього B/C :

$$\eta = \frac{m \cdot g}{12 \cdot \pi^2 \cdot d \cdot \nu \cdot x_m} = \frac{0,1 \cdot 9,8}{12 \cdot (3,14)^2 \cdot 5,65 \cdot 10^{-2} \cdot 33,83 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3}} = 12,37 (\text{Па} \cdot \text{с})$$

Для $B/C = 0,22$ розплив конуса дорівнює 8,08 см (табл. 1), аналогічно розрахуємо в'язкість для цього водоцементного відношення:

$$\eta = \frac{m \cdot g}{12 \cdot \pi^2 \cdot d \cdot \nu \cdot x_m} = \frac{0,1 \cdot 9,8}{12 \cdot (3,14)^2 \cdot 8,08 \cdot 10^{-2} \cdot 33,83 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3}} = 8,65 (\text{Па} \cdot \text{с})$$

Аналогічно розраховують в'язкість цементного тіста для всіх останніх водоцементних відношень.

Таблиця

Результати визначення рухомості та в'язкості цементного тіста
в залежності від водоцементного відношення

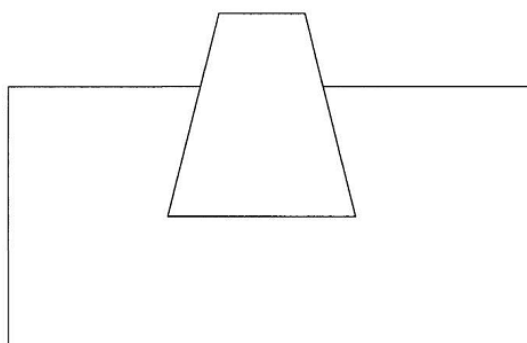
	Водоцементне відношення, В/Ц					
	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3
Діаметр розплива конуса цементного тіста d, см	5,65	8,08	9,32	10,2	10,58	10,93
В'язкість η , Па·с	12,37	8,65	7,5	6,85	6,61	6,39

На фіг.5 та у таблиці наведені результати обчислення в'язкості цементного тіста залежно від водоцементного відношення. Як очевидно з наведених даних (фіг.5, табл.) для запропонованих складів цементного тіста зі збільшенням водоцементного відношення спостерігається зменшення в'язкості цементного тіста.

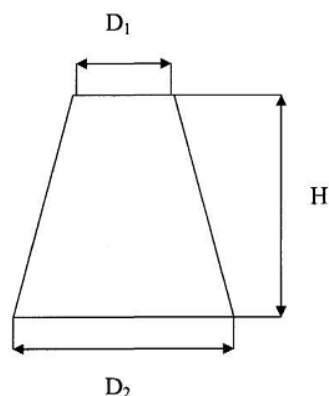
Таким чином, даний спосіб визначення в'язкості цементного тіста під впливом вібрації дозволяє визначати рухомість складів (розплив конуса), не є трудомістким, не вимагає складного та спеціального дорогого обладнання, забезпечує високу точність визначення в'язкості, підлягає застосуванню для малов'язких середовищ. Не вимагає прове-

дення додаткових спеціальних операцій для визначення фізичних властивостей матеріалу та важких математичних розрахунків, дозволяє скоротити час проведення експерименту. Такий спосіб дозволяє вивчити поведінку цементного тіста в умовах максимально наближених до умов формування бетонних виробів.

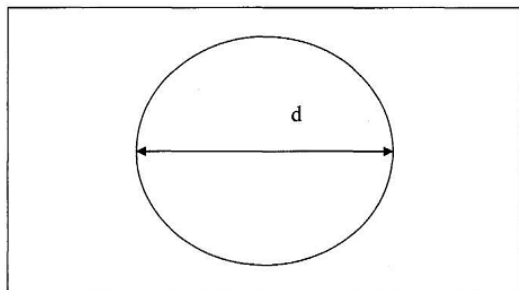
Запропоновану корисну модель доцільно використовувати в промисловості будівельних матеріалів для визначення реологічних властивостей і вібров'язкості цементного тіста з урахуванням водоцементного відношення та нормальної густоти цементного тіста.



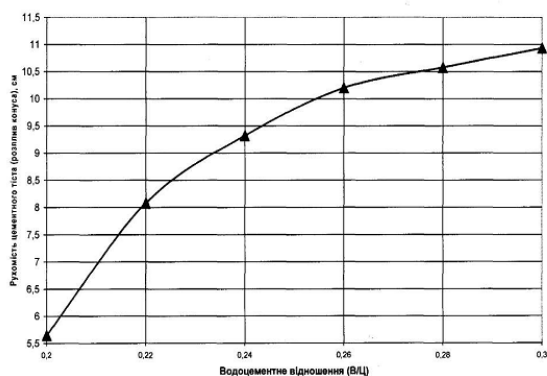
Фіг. 1



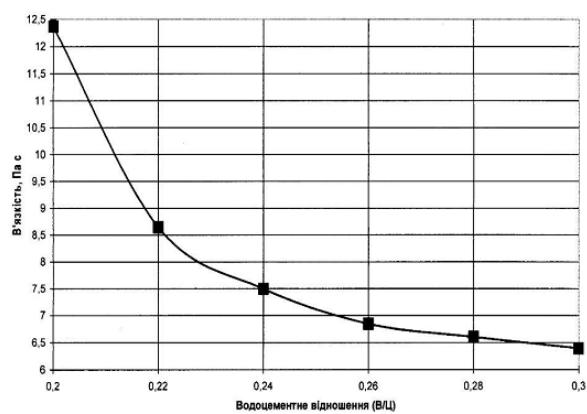
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5