

Analysis of the flow cement-sandy solution under the vibration-extrusion method of manufacturing fiber concrete products

I.A. Andreev, K.O. Smirnova

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», str. Polytechnichna, 39, Bldg. 19, Kyiv, 03056, Ukraine
Tel.: +380444068451
E-mail: ynk@kpi.ua*

Article info: received 13.03.2018, revised 18.03.2018, accepted 26.03.2018

Andreev, I.A., Smirnova, K.O. (2018) Analysis of the flow cement-sandy solution under the vibration-extrusion method of manufacturing fiber concrete products 1(38), doi: 10.26909/csl.1.2018.2

The vibration-extrusion method of making fibro concrete products takes into account the features of disperse reinforcement, eliminates the lacing or destruction of the fibers during mixing and forming, increases the efficiency of using fibers due to the possibility of their orientation in the product, reduces the water-cement ratio in the composition, increases the density of the final product, etc.

The proposed method for describing isothermal laminar stable flow of incompressible Newtonian fluid in converging pyramidal channels of square cross-section, which allows to make calculations of a feeder solution vibro-extrusion plant.

In considering the process, a phenomenological approach that takes a cement-sand solution, as a homogeneous isotropic medium, whose structure is limited to general warnings, is used. Due to the fact that such solution in the vibration field behaves like a liquid, the hydrodynamic theories are the most suitable for describing the process. It is taken into account that in the conditions of vibration created by standard vibrators, the solution is a pseudo Newtonian system. The flood is carried out under the action of hydrostatic pressure of the mass as a result of thixotropic reduction of the viscosity of the cement-sandy solution.

To improve the formation of a thin layer of solution, device-feeder designs have been proposed that exclude the formation of stagnant zones and provide for obtaining the harnesses of a cement-sandy solution with stable shape and quality. The delivery of the solution to the conveyor at the same time is carried out through the square cross-sectional convergent channels. There are no analytical formulas for describing the flow in such channels.

The introduction of the proposed and proposed method in the calculation of the isothermal laminar stable flow of incompressible Newtonian fluid allows us to estimate the various hydrodynamic processes in pyramidal channels at low values of the Reynolds number when there are no so-called «creeping currents». This just happens during the flow of cement-sand solution in the channels of the feeder-feeder vibro-extrusion plant.

Key words: vibration-extrusion, device-feeder, fibro concrete, pyramidal channels.

Аналіз плин у цементно-піщаного розчину при віброекструзійному способі виготовлення фібробетонних виробів

I.A. Андреев, К.О. Смірнова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

Запропонований метод опису ізотермічного ламінарного усталеного плин у нестисливої ньютонівської рідини у збіжних пірамідальних каналах квадратного поперечного перерізу, який дозволяє здійснювати розрахунки дозатора-живильника розчину віброекструзійної установки.

Для вдосконалення формування тонкого шару розчину були запропоновані конструкції дозаторів-живильників, які виключають утворення застійних зон і забезпечують отримання джгутів цементно-піщаного розчину зі стабільними формою і якістю. Подача розчину на транспортер при цьому здійснюється через квадратні у поперечному перерізі збіжні канали. Аналітичних формул для опису плин у таких каналах не існує.

Вступ

Віброекструзійний спосіб виготовлення фібро-бетонних виробів враховує особливості дисперсного армування, виключає грудкування чи руйнування фібр при змішуванні і формуванні, підвищує ефективність використання фібр за рахунок можливості їх орієнтування у виробі, зменшує водоцементне співвідношення у композиції, підвищує щільність кінцевого продукту і т. ін.

Особливий вплив на фізико-механічні властивості і зовнішній вигляд формованих виробів має процес змішування компонентів суміші, при якому закладаються основи майбутньої структури. Гарне змішування буде досягатися за умови макрооднорідності суміші, що у віброекструзійній технології забезпечується розподілом і змочуванням фібр у тонкому шарі цементно-піщаного розчину безпосередньо перед змішуванням.

Постановка задачі

Тонкий шар цементно-піщаного розчину при віброекструзії отримують за допомогою дозатора-живильника. Недоліком застосування традиційного обладнання є утворення «застійних» зон всередині бункера дозатора-живильника, що призводить до накопичування в цих зонах затверділих грудок розчину, які при тривалій роботі ускладнюють формування джгутів розчину зі стабільною формою і погіршують якість розчину при попаданні цих грудок у тонкий розчинний шар.

Для вдосконалення формування тонкого шару розчину були запропоновані конструкції дозаторів-живильників, які виключають утворення застійних зон і забезпечують отримання джгутів цементно-піщаного розчину зі стабільними формою і якістю [1, 2]. Подача розчину на транспортер при цьому здійснюється через квадратні у поперечному перерізі збіжні канали. Аналітичних формул для опису плин у таких каналах не існує.

Метою роботи є опис процесу плин цементно-піщаного розчину у пірамідальному каналі, що звужується у квадратному і поперечному перерізі, дозатора-живильника віброекструзійної установки.

Матеріали та методи дослідження

При розгляді процесу використовується феноменологічний підхід, який приймає цементно-піщаний розчин, як однорідне ізотропне середовище, про структуру якого робляться лише загальні застереження. Через те, що такий розчин у вібраційному полі поводить як рідина, найбільш придатними для опису процесу є гідродинамічні теорії. Вра-

ховується, що в умовах вібрації, яка створюється стандартними вібраторами, розчин являє собою псевдоньютонівську систему. Плин здійснюється під дією гідростатичного тиску маси в результаті тиксотропного зменшення в'язкості цементно-піщаного розчину.

Вважається, що в процесі роботи висота шару суміші у каналах дозатора-живильника підтримується постійною.

Відома формула (1), що описує плин ньютонівської рідини у прямокутному каналі постійного поперечного перерізу зі сторонами W і H у напрямках x і y (прямокутні координати (x, y, z)) [3].

$$u_z = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \left[\frac{y}{2}(y-H) + \frac{4H^2}{\pi^3} \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^3} \cdot \sin\left(\frac{n\pi y}{H}\right) \cdot \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{n\pi\left(x-\frac{W}{2}\right)}{H}\right)}{\operatorname{ch}\left(\frac{n\pi W}{2H}\right)} \right], \quad (1)$$

де P – тиск, Па; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с.

Застосовуючи рівняння (1) можна знайти витрати ньютонівської рідини у прямокутному каналі:

$$Q = \int_0^H \int_0^W u_z dx dy = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \left[-\frac{WH^3}{12} + \frac{16H^4}{\pi^5} \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \cdot \operatorname{th}\left(\frac{n\pi W}{2H}\right) \right],$$

звідки:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\mu Q}{-\frac{WH^3}{12} + \frac{16H^4}{\pi^5} \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \cdot \operatorname{th}\left(\frac{n\pi W}{2H}\right)}, \quad (2)$$

Розрахункова схема процесу плин цементно-піщаного розчину в каналі дозатора-живильника наведена на рис. 1.

Для зручності розрахунку початок прямокутних координат (x', y', z') , на відміну від розглянутого вище випадку, вибрано у центрі основи зрізаної піраміди. Для розрахунку швидкості u_z у пірамідальному каналі за допомогою формули (1) позначимо $x' = x - \frac{W}{2}$, $y' = y - \frac{W}{2}$. Тоді в системі координат

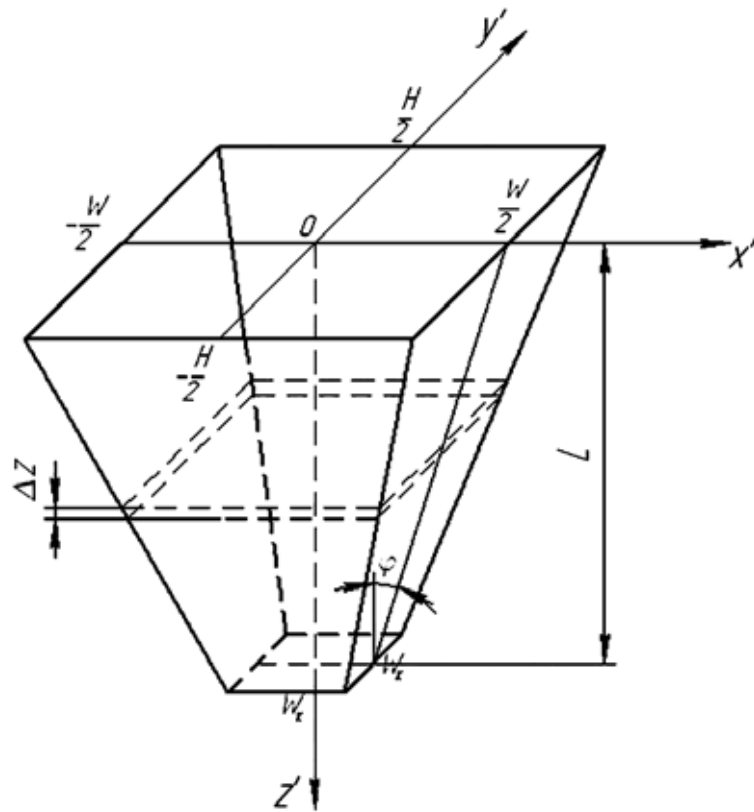


Рис. 1. Розрахункова схема процесу плинну розчину у пірамідальному каналі

x', y', z' , розподіл швидкості u_z у поточному квадратному поперечному перерізі пірамідального каналу можна записати у вигляді:

$$u_z = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \left[\frac{y'^2 - \frac{H^2}{4}}{2} + \frac{4H^2}{\pi^3} \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^3} \cdot \sin\left(\frac{n\pi\left(y' + \frac{H}{2}\right)}{H}\right) \cdot \frac{ch\left(\frac{n\pi x'}{H}\right)}{ch\left(\frac{n\pi W}{2H}\right)} \right], \quad (3)$$

У формулі (3) $W=H$ – поточні сторони основи пірамідального каналу.

Приймаємо, що в елементарному об'ємі висотою Δz ($0 \leq z \leq L$), $\frac{\partial p}{\partial z}$ є сталою і обчислюється за формулою (2), а L є висотою стовпа суміші в каналі.

Сторони елементарного квадратного перерізу обчислюються з допомогою поточних значень координат $z_i = z_{i-1} + \Delta z$ ($i = 1, 2, \dots$) за формулою $W = H = 2(L - z_i) \cdot \tan \varphi + W_k$, де W_k – сторона меншої основи пірамідального каналу, м; φ – кут нахилу висоти каналу до бічної грані, град.

Результати та їх обговорення

Розрахунок за формулою (3) з урахуванням наведених припущень дозволяє оцінити процес плинну цементно-піщаного розчину у збіжному пірамідальному каналі дозатора-живильника віброекструзійної установки.

Для визначення характеру зміни складової швидкості плинну u_z по перерізу каналу дозатора-живильника було розроблена програма розрахунку на комп'ютері. Результати виконання розрахунку наведені на рис. 2.

На рис. 2 позначені: u_{max} – максимальна швидкість плинну ньютонівської рідини в центрі каналу, м/с.

Розподіл швидкостей було отримано на виході з каналу висотою $L = 0,25$ м зі стороною меншої основи пірамідального каналу $W_k = 0,06$ м при куті нахилу бічної грані пірамідального каналу до вертикалі $\varphi = 30^\circ$ і витраті $Q = 2 \cdot 10^{-4}$ м³/с.

Висновки

Впровадження запропонованого і наведеного у статті методу розрахунку ізотермічної ламінарної усталеної течії нестисливої ньютонівської рідини дозволяє оцінити різноманітні гідродинамічні процеси у пірамідальних каналах при низьких значеннях числа Рейнольдса, коли не виникають так звані «повзучі течії». Це якраз відбувається при плинні цементно-піщаного розчину в каналах дозатора-живильника віброекструзійної установки.

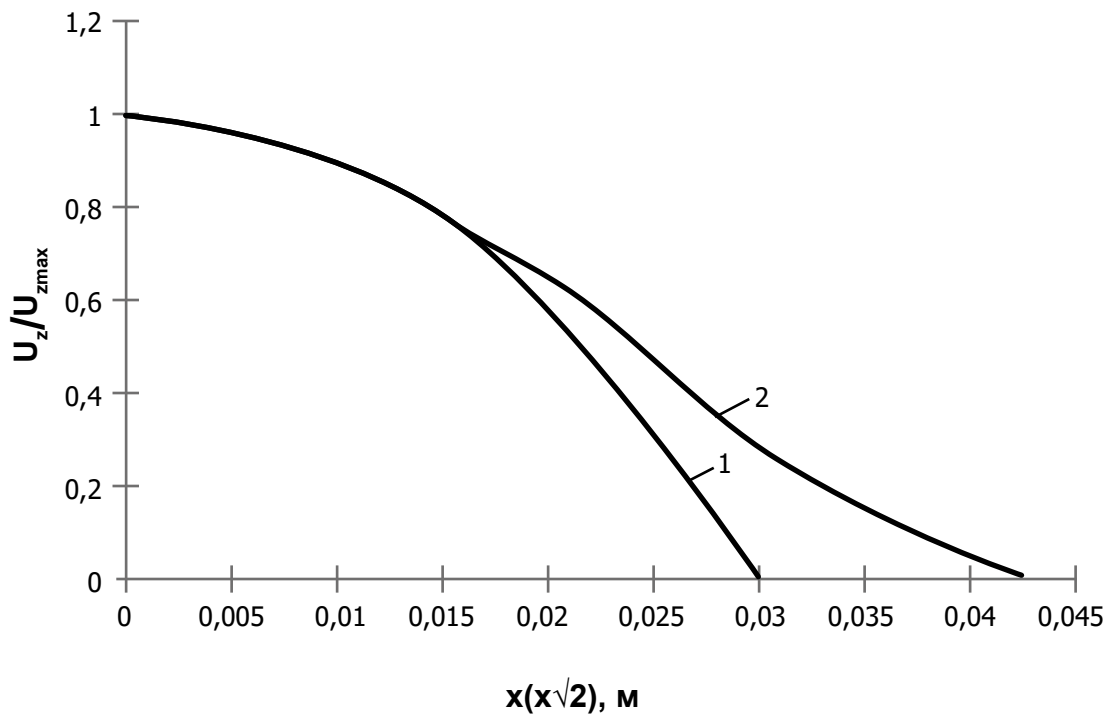


Рис. 2. Розподіл відносних швидкостей u_z/u_{zmax} на однаковій відстані $H/2$ від пари плоских поверхонь (1) і по діагоналі (2) пірамідального каналу квадратного поперечного перерізу

References

1. Патент 49251 Україна МПК (2009) В28В 13/00. Пристрій для одержання шару цементно-піщаного розчину / Андреев І.А., Смірнова К.О.; заявник і патентовласник вони же. – № u200910716 ; заявл. 23.10.09 ; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.

2. Патент 54489 Україна МПК (2009) В28В 13/00. Пристрій для одержання шару цементно-піщаного розчину / Андреев І.А., Смірнова К.О.; заявник і патентовласник вони же. – № u201006014; заявл. 18.05.10 ; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 21.

3. Мак Келви, Д. М. Переработка полимеров / Д. М. Мак Келви. – М. : Химия, – 1965. – 442 с.