

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕЧІЇ РІДИН ЗМІННОЇ В'ЯЗКОСТІ ПО  
ТРУБОПРОВОДУ РІЗНОЇ ФОРМИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕТИНУ**

**FEATURES OF THE FLOW OF LIQUIDS OF VARIABLE VISCOSITY  
BY THE PIPELINE OF A VARIOUS FORM OF TRANSVERSE SECTION**

*Канд. техн. наук А.О. Задорожний<sup>1</sup>, канд. техн. наук А.П. Ковревський<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук Ю.В. Човнюк<sup>2</sup>, докт. техн. наук М.П. Ремарчук<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва і архітектури (м. Харків)  
<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України (м.Київ)  
<sup>3</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A.A. Zadorozhnyi<sup>1</sup>, PhD (Tech.), A.P. Kovrevski<sup>1</sup>, PhD (Tech.),  
Y.V. Chovnyuk<sup>2</sup>, PhD (Tech.), N.P. Remarchuk<sup>3</sup>, D. Sc.(Tech.)  
<sup>1</sup>Kharkiv National University of Construction and Architecture (Kharkiv)  
<sup>2</sup>National University of Life Sciences and Environment of Ukraine (Kyiv)  
<sup>3</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Створення умов для раціональної течії бінгамівських (неньютонівських) рідин, таких як бетонні і розчинні суміші, в трубопроводі круглого і інших видів поперечного перетину в процесі їх транспортування різними видами обладнання, на сьогоднішній день є маловивченими. Особливу увагу звертає на себе той факт, що процес подачі таких в'язкопластичних середовищ в трубопроводі обумовлений їх специфічними особливостями. Вибір моделі течії в'язкопластичних середовищ (рідин) дозволяє в подальшому обґрунтовано підійти до вибору характеристик "насос - трубопровід".

При дослідженні процесів, що протікають у вище вказаних рідинах, бетонні і розчинні суміші розглядаються як середовище Шведова-Бінгама. В'язкопластичне середовище є багатокомпонентним середовищем, що підкоряється реологічним законам течії бінгамівських рідин, і така модель може бути застосована в обмеженому діапазоні швидкостей зміщення шарів рідини [1, 2, 3, 4, 5].

Мета роботи є визначення закономірності руху бетонних і розчинних сумішей в різних положеннях трубопроводу, зокрема горизонтального положення, виходячи з в'язкості, що змінюється при русі середовища по довгих трубах наприклад: для круглого поперечного перетину.

Вирішення мети характеризується визначенням необхідної потужності для забезпечення процесу транспортування розчинних та бетонних сумішей при умові заданої продуктивності на вході в трубопровід.

При розрахунках пропускної спроможності розчино-бетонопроводів і необхідної потужності нагнітального обладнання необхідно враховувати властивості бетонів і розчинів як бінгамівських середовищ. Для останніх найважливішою характеристикою є тангенціальне напруження в шарі

рідини  $\tau_y$ . Один із можливих закономірностей зміни  $\tau_y$  для в'язкопластичних середовищ в залежності від швидкості руху рідини  $\dot{\gamma}$ , показано на рис. 1.

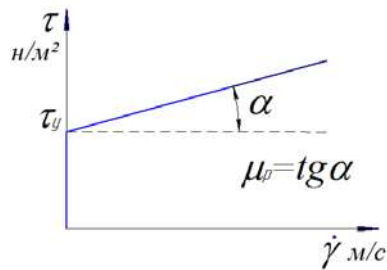


Рис. 1. Можливий характер зміни  $\tau_y$  для в'язкопластичних рідин

Продуктивність трубопроводу (витрати) можна визначити за формулою:

$$Q'_p = \frac{\pi R^3 \cdot \tau_w}{\mu_p} \left( \frac{1}{4} - \frac{\tau_y}{3\tau_w} \right). \quad (1)$$

Середня швидкість рідини по перетину трубопроводу дорівнює:

$$u_{cp} = \frac{Q_p}{\pi R^2} = \frac{R \cdot \tau_w}{\mu_p} \left( \frac{1}{4} - \frac{\tau_y}{3\tau_w} \right). \quad (2)$$

Витрата рідини  $Q_p = Q'_p$  приймається на підставі знання величини переміщення поршня пристрою, що нагнітає та створює на вході в трубопровід тиск  $p_0$ . Тоді потужність дорівнює:

$$W_p = \pi R^2 \cdot p_0 \cdot u_{cp}. \quad (3)$$

Якщо витрата буде  $Q_p$  постійна, то і середня швидкість  $u_{cp}$  повинна бути постійною в будь-якому перетині:

$$u_{cp} = \frac{R \cdot \tau_w}{\mu_p} \left( \frac{1}{4} - \frac{\tau_y}{3\tau_w} \right). \quad (4)$$

Звідси отримуємо вираз для  $\tau_w$ , пов'язане з  $\mu_p$  (при фіксованому  $\tau_y$ ) [6]:

$$\tau_w = 4 \left( \frac{u_{cp} \cdot \mu_p}{R} + \frac{\tau_y}{3} \right). \quad (5)$$

[1] У.Л. Уилкінсон, *Неньютоновские жидкости* (Издательство Мир, Москва, 1964 – 216 с.)

[2] А.В. Гноевой, Д.М. Климов, В.М. Чесноков, *Основы теории течений бингамовских сред* (Издательство ФИЗМАТЛИТ, Москва, 2004 – 272 с.)

[3] Б.М. Смольский, З.П. Шульман, В.М. Гориславец, *Реодинамика и теплообмен нелинейно-вязкопластичных материалов* (Издательство Наука и техника, Минск, 1970 – 240 с.)

[4] В.В. Гориславец, Б.М. Смольский, З.П. Шульман, *Конвективный теплообмен при ламинарном течении композитных материалов в круглой трубе* (В книге: Тепло-и массоперенос, Издательство Наука и техника, Минск, 1968- Т.3)

[5] З.П. Шульман, *Одно феноменологическое обобщение кривой течения вязкопластичных реостабильных дисперсных систем* (В книге: Тепло-и массоперенос, Издательство Наука и техника, Минск, 1968- Т.10)

[6] А.А. Задорожный, А.П. Ковревский, *Анализ процесса движения бингамовских жидкостей по трубопроводам круглого сечения* (Збірник наукових праць УкрДУЗТ, Харків, 2017, Вип. 168 – С. 44-49)