

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ПЕРИСТАЛЬТИЧНОМУ НАСОСІ ДЛЯ БІНГАМОВСЬКОЇ РІДИНИ

<sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури

<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

### Анотація

Розроблена математична модель динамічних процесів в перистальтичному насосі з гідроприводом для бінгамовської рідини. Модель містить основні геометричні, масові характеристики пристрою, динамічну характеристику гідромотора, параметри шланга, середовища Бінгама. Викладені результати досліджень динамічних процесів в реальній конструкції насоса.

**Ключові слова:** перистальтичний насос, математична модель, динамічний процес, бінгамовська рідина, гідропривід.

Перистальтичні насоси знайшли своє використання в самих різних сферах: у будівництві, хімічному виробництві, гірській справі, на збагачувальних фабриках, в харчовому виробництві і т.д. [1, 2]. Розробка таких пристроїв, методів раціонального вибору їх параметрів є актуальна задача. У роботі [3] створена математична модель динамічних процесів в перистальтичному насосі з гідравлічним приводом у якій переміщувана суміш розглядається як **ньютонівська рідина**.

Доповідь присвячена викладу результатів досліджень по створенню досконаліших моделей динамічних процесів у вказаних пристроях з урахуванням того, що суміші у багатьох випадках є **середовищем Бінгама** [4]. Розрахункова схема насоса показана на рис. 1. Прийнято наступні позначення: 1 – вал насоса; 2 – обойма; 3 – центральний ролик; 4 – бічний ролик; 5 – пристрій для зміни радіуса контакту поверхонь роликів зі шлангом 6; 7 – суміш, що переміщується. Математична модель динамічних процесів у перистальтичному насосі з гідравлічним приводом створено у формі диференціального рівняння відносно кута повороту ротора. Модель містить основні геометричні, масові характеристики ротора, динамічну характеристику гідромотора, параметри шланга, середовища Бінгама.

1. Запропоновано підхід по формуванню моменту опору на роторі насоса від роликів, що деформують шланг  $M_k = M_k(\phi)$ ; встановлено, що він істотно відрізняється від постійного на інтервалі оберту.

2. Розроблено метод побудови залежності перепаду тиску від кутової швидкості ротора  $\Delta p = \Delta p(\dot{\phi})$ , що необхідно для визначення сили опору руху суміші, за допомогою **рівняння Букінгема**

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \mu_p} \left[ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{2l\tau_y}{r\Delta p} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{2l\tau_y}{r\Delta p} \right)^4 \right],$$

де  $\mu_p$  – пластична в'язкість середовища;  $\tau_y$  – границя текучості середовища.

3. Запропоновано нелінійну модель сили опору руху будівельної суміші  $F = F(\dot{\phi})$ .

4. Отримано вираз для узагальненої сили опору, що відповідають силам ваги частинок суміші у відповідній частині шланга

$$Q_{M_0} = -M_0 g \frac{H_0}{l_0} R_C.$$

5. Були використані дані каталогу для подання моменту гідромотора як функції кутової швидкості його ротора  $M_m = M_m(\dot{\phi})$ .

6. Побудована математична модель динамічних процесів в перистальтичному насосі у формі диференціального рівняння відносно кута повороту ротора насоса

$$I_e \ddot{\phi} = M_m(\dot{\phi}) - M_k(\phi) - F(\dot{\phi}) \cdot R_C - M_0 g \cdot \frac{H_0}{l_0} \cdot R_C.$$

7. Проведені розрахункові дослідження динамічних процесів за допомогою створеної моделі дозволили встановити важливі закономірності функціонування пристрою.

На рис. 2 приведені типові залежності швидкості суміші від часу для різної висоти підйому.

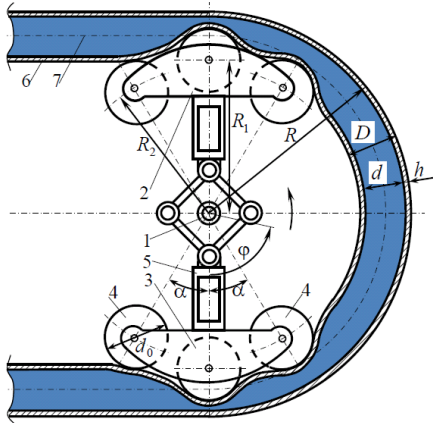


Рисунок 1 – Схема насоса

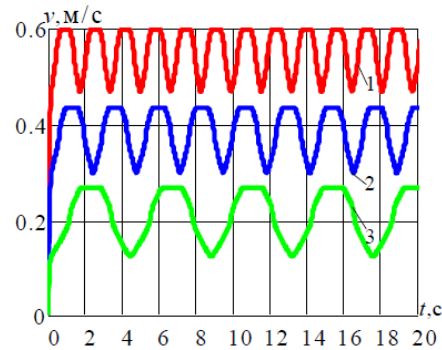


Рисунок 2 – Швидкість руху суміші  
(1 –  $H = 0$ ; 2 –  $H = 2,5\text{ м}$ ; 3 –  $H = 5\text{ м}$ )

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. József Klespitz, Levente Kovács. Peristaltic pumps – a review on working and control possibilities / SAMI 2014, IEEE 12th International symposium on applied machine intelligence and informatics, January 23-25, 2014, Herl'any, Slovakia, pages 191-194.
2. Пат. 112 Україна F04 B43/12 (2006.01), F04 B15/02 (2006.01) Універсальний шланговий бетононасос / Смелянова І.А., Задорожний А.О., Клименко М.В., Чайка Д.О. – Харківський національний університет будівництва та архітектури.
3. Шатохін В.М. Моделирование динамических процессов в перистальтическом бетононасосе с гидроприводом / В.М. Шатохін, Б.Ф. Гранько, В.М. Соболев // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Харьков: ХНАДУ. – 2020. – Выпуск 89. – С. 15-25.
4. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости / У.Л. Уилкинсон. – М.: Мир, 1964. – 216 с.

**Шатохін Володимир Михайлович**, д.т.н., проф., проф. кафедри будівельної та теоретичної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, [shatokhinvlm@gmail.com](mailto:shatokhinvlm@gmail.com),

**Соболев Володимир Миколайович**, к.т.н., доц. кафедри будівельної та теоретичної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, [sobol\\_vn@ukr.net](mailto:sobol_vn@ukr.net),

**Яковлев Євген Андрійович**, к.т.н., доц., проф. кафедри механіки ґрунтів, фундаментів, та інженерної геології, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, [evgen.yakovlev647@gmail.com](mailto:evgen.yakovlev647@gmail.com),

**Гончарова Зоя Вікторівна**, к.е.н., доц., доц. кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, [zoya\\_g@ukr.net](mailto:zoya_g@ukr.net).

## DESIGN OF DYNAMIC PROCESSES IN A PERISTALTIC PUMP FOR A BINGHAM LIQUID

### Abstract

The mathematical model of dynamic processes is worked out in a peristaltic pump with hydraulic drive for a bingham liquid. A model contains basic geometrical, mass descriptions of device, dynamic description of hydromotor, parameters of hose, environment of Bingham. The results of researches of dynamic processes are expounded in the real construction of pump.

**Keywords:** peristaltic pump, mathematical model, dynamic process, bingham liquid, hydraulic drive.

**Shatokhin Vladimir**, Doct. of Sciences, Professor, Professor of department of structural and theoretical mechanics, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov, [shatokhinvlm@gmail.com](mailto:shatokhinvlm@gmail.com),

**Sobol Vladimir**, Ph.D., Associate Professor of department of structural and theoretical mechanics, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov, [grankoa.b@gmail.com](mailto:grankoa.b@gmail.com),

**Yakovlev Evgen**, Ph.D., Associate Professor, Professor of department of Soil Mechanics, Foundations and Engineering Geology, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, [evgen.yakovlev647@gmail.com](mailto:evgen.yakovlev647@gmail.com).

**Honcharova Zoia**, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of department of Project Management in Municipal Economy and Construction, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, [zoya\\_g@ukr.net](mailto:zoya_g@ukr.net)