

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРИСТАЛЬТИЧНОГО НАСОСУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ СЕРЦЯ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуто можливість застосування перистальтичного насосу для моделювання діяльності серця шляхом розроблення фізичної моделі руху крові по колах кровообігу, що регулюється двома насосами перистальтичного типу. Визначені шляхи подальшого розвитку фізичної моделі.

Ключові слова: перистальтичний насос, серце, кровообіг, фізична модель.

Abstract

The possibility of using a peristaltic pump for modeling the activity of the heart by developing a physical model of the movement of blood through the circulatory circles, which is regulated by two pumps of the peristaltic type, is considered. The ways of further development of the physical model are determined.

Keywords: peristaltic pump, heart, blood circulation, physical model.

Вступ

Серце – це один із найважливіших органів людського організму, тому для лікарів дуже важливо вміти підтримувати його життєдіяльність. Для кращого вивчення серцевої діяльності слід застосовувати діагностичні моделі, які наглядно демонструють функції органу. Мета цього дослідження - визначити, чи можна використовувати перистальтичний насос для моделювання діяльності серця з подальшою реалізацією моделі.

Результати дослідження

Перистальтичний насос – це тип об'ємного насоса, який використовується для перекачування великої кількості різних рідин. Рідина транспортується всередині гнучкої трубки з використанням ефективного принципу відкачування, що називається перистальтикою [1]. У таких насосах транспортований матеріал стикається тільки з внутрішньою поверхнею шлангу, а не з рухомими деталями насоса. Тому шлангові насоси особливо придатні для транспортування агресивних, абразивних і в'язких продуктів, а також для транспортування рідин з твердими частинками і рідин, чутливих до перемішування [2]. Шлангові перистальтичні насоси економічні, мають надійної і довговічною конструкцією, прості в експлуатації і обслуговуванні.

Перистальтичні насоси представляють собою механічний пристрій, в якому обертання ротора електродвигуна через систему редукторів (ремінна або леввередж передача) передається на головку насоса, що представляє собою штангу, на кінцях якої розташовуються два (або більше) ролика, що рухаються по радіусу ротора [3]. У цій же штанзі розташований механізм фіксації роликів. Крім рухомої частини головки насоса є і стаціонарна частина, яка представлена ложем, в яке вкладається насосна трубка. При обертанні ротора насоса ролик притискає сегмент трубки і штовхає поперед себе рідину, видавлюючи її (рис. 1).

Подібно до того, як в людському організмі за допомогою перистальтики відбувається травлення, штучні перистальтичні насоси можуть підійти для транспортування медичних, фармацевтичних і біологічних рідин. Зовнішні інфузійні насоси, зокрема, надзвичайно корисні для доставки в контрольований спосіб пацієнту необхідних рідин і ліків на основі обертання двигуна.

В інших ситуаціях, наприклад при серцево-легеневому шунтуванні та діалізі, перистальтичний насос може використовуватися для транспортування різних рідин з організму та до нього по замкнутому колу. Використання перистальтичних насосів для транспортування крові було вперше використа-

но в 1932 році тодішнім студентом-медиком, а пізніше відомим серцево-судинним хірургом Майклом Де Бейкі [5]. Цей метод спочатку використовувався для переливання крові, а пізніше для процедур серцево-легеневого шунтування.

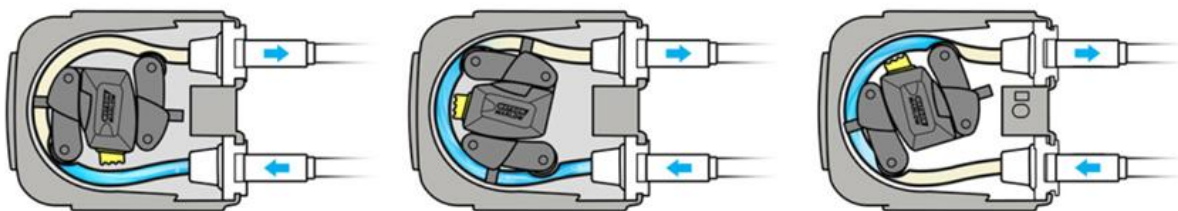


Рис. 1. Демонстративна робота перистальтичного насосу [2]

Також насоси такого типу використовують для покращення роботи шлуночків чи передсердь, використовуючи для цього спеціально розроблені імпланти, які підключаються до насосу, що покращує протікання крові через відділи серця.[1]

В лабораторіях теж активно використовують перистальтичні насоси, до прикладу для перекачування: рідин, в тому числі суспензій біологічно активних речовин; кислот, лугів; агресивних речовин; стерильних і харчових розчинів [4].

Для виготовлення моделі серця за допомогою перистальтичного насосу потрібно 2 насоси даного типу, а також 2 трубки різного діаметру: 7 мм для артеріальних судин та 13 мм для венозних судин. Для правильної моделі серця, потрібні насоси із 2–3 роликками для затискання трубки. Період затискання трубки моделює систолу, тобто скорочення серця, яке має тривати 0,3 секунди. Період проходження трубки між двома роликками - це діастола, тобто розслаблення, яке також має тривати 0,5 секунди (рис. 2). Тривалість систоли і діастоли врахована для усереднених нормальних показників відповідно до [6].

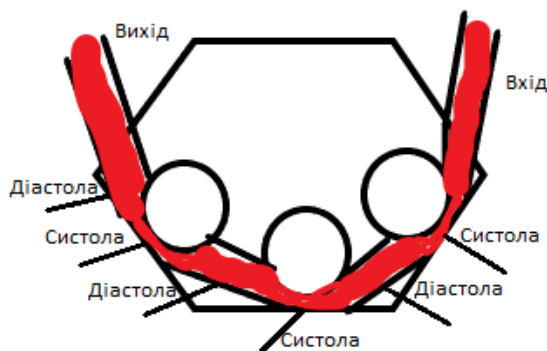


Рис. 2. Приклад роботи перистальтичного насосу для моделювання скорочення серця

Для моделювання серцевої діяльності потрібно 2 таких насоси, які будуть працювати одночасно. Кожен з насосів буде моделювати надходження артеріальної (червоний колір трубки) та венозної (синій колір трубки) крові до серця (рис. 3).

Вимоги до роботи такої системи:

- стабільна тривала робота механізму;
- однакова повторювана тривалість між поштовхами;
- можливість налаштування швидкості обертання.

Подальшим кроком у розробленні фізичної лабораторної моделі серцевої діяльності повинен стати розрахунок параметрів перистальтичного насосу – геометричні характеристики, конфігурація, швидкість обертання і т. і.

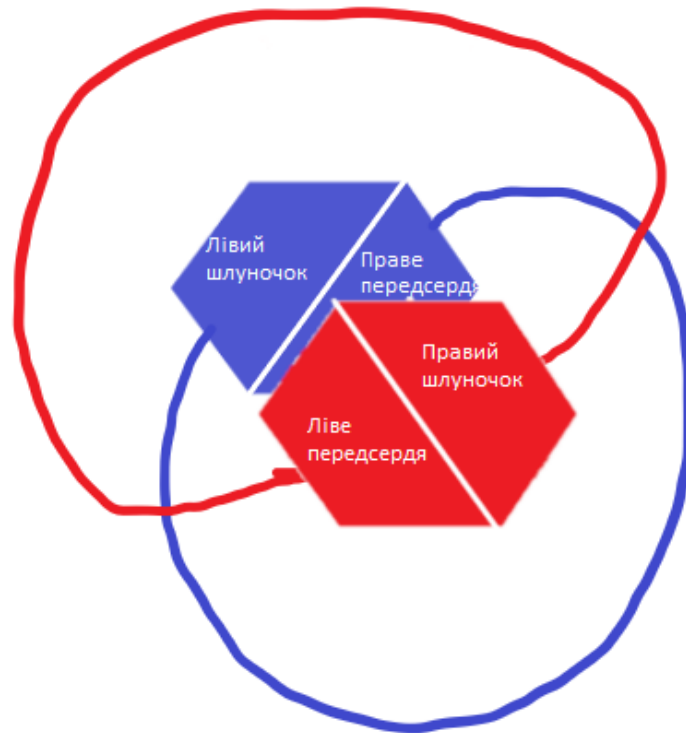


Рис. 3. Схематична модель серцевої діяльності за допомогою перистальтичних насосів

Висновки

Так як перистальтичний насос часто використовують для підтримки діяльності серця, можна зробити висновок, що насос даного виду можна застосовувати для моделювання серцевої діяльності. Було показано, що для цього потрібно використати 2 перистальтичні насоси для венозного та артеріального кола кровообігу, які будуть працювати з одночасним скороченням. Це дозволить уникнути змішування рідин (венозної та артеріальної крові) між собою в колах кровообігу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cook J. How peristaltic pumps work in medical applications and beyond. *Arrow* 2022. URL : <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/how-peristaltic-pumps-work-in-medical-applications-and-beyond>
2. Що таке перистальтичні насоси та як вони працюють? *DEBEM*. URL : <https://www.debem.com.ua/ukr/news/?sid=760>
3. Patent US 8,317,499 B2. Pulsatile peristaltic pump for use in a cardiopulmonary bypass / Araz Ibragimov. 2009. Patent date : Nov. 27, 2012. 8 pages. URL : <https://patentimages.storage.googleapis.com/29/1c/c5/1434f621318a26/US8317499.pdf>
4. Collins J. Design and control of a peristaltic pump to simulate left atrial pressure in a conductive silicone model. *Mechanical Engineering Undergraduate Honors Theses*. Fayetteville : University of Arkansas, 2021. 30 p. URL : <https://scholarworks.uark.edu/meeguht/107>
5. Masterflex® and the human heart: How one pump is supporting research for the other. *Avantor*. URL : <https://us.vwr.com/cms/tech-article-masterflex-and-the-human-heart>
6. Швед М. І., Гребеник М. В. Основи практичної електрокардіографії : навчальний посібник. Тернопіль : Укрмедкнига, 2000. 128 с.

Колодій Вікторія Олександрівна — студент групи БМІ-206, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kolody.vi@gmail.com

Штофель Дмитро Хуанович — науковий керівник, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Kolodiy Viktoriia O. — undergraduate student, Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : kolody.vi@gmail.com

Shtofel Dmytro Kh. — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia