

УДК 620.22

СЕМІНСЬКИЙ О. О., к.т.н., доц.; ВАСИЛЕНКО Р. М., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПОТОКІВ У РОБОЧИХ ОРГАНАХ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТА

Наведено метод визначення й форму залежностей, що характеризують затрати енергії на прокачування рідини крізь робочі органи роторно-пульсаційного апарата. Запропонований підхід до визначення енергетичних характеристик розширює можливості вдосконалення конструкцій таких апаратів і технологічних режимів оброблення рідин.

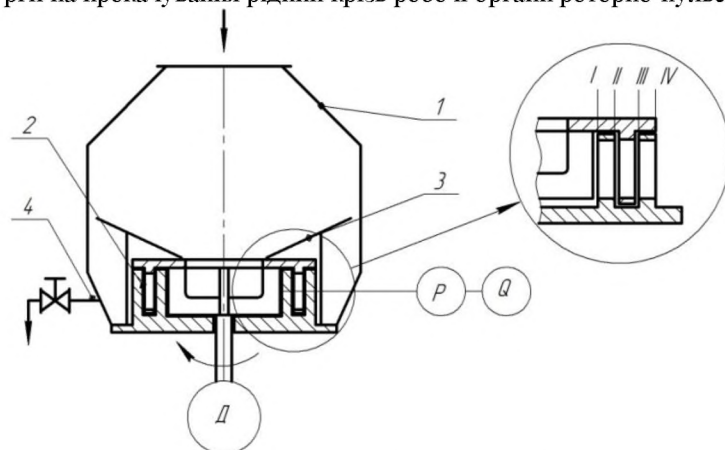
Ключові слова: роторно-пульсаційний апарат, енергетичні параметри потоків, затрати енергії на прокачування рідини.

© Семінський О. О., Василенко Р. М., 2015.

Постановка проблеми та аналіз попередніх досліджень. Роторно-пульсаційні апарати (РПА) відрізняються простотою й надійністю конструкції, дозволяючи обробляти рідини завдяки сукупному впливові явищ гідродинамічної природи [1, 2]. Проте багатофакторність впливу і складність руху потоків у робочих органах РПА є причиною нестачі методик їхнього розрахунку й рекомендацій щодо вибору параметрів конструкції, що зумовлює актуальність досліджень у цьому напрямі.

У визначенні затрат енергії у РПА суттєве значення має гідродинамічна складова. Значна кількість праці присвячено її визначенню у формі напірно-витратної характеристики [3, 4]. Недоліком такого підходу є те, що такі характеристики подають у розмірному вигляді, що ускладнює масштабування під час проектування промислових зразків. Інший підхід полягає у встановленні безрозмірної залежності числа потужності від геометрії, розмірів та особливостей компонування робочих органів РПА з урахуванням швидкості обертання ротора і параметрів потоку рідини [5]. Суттєвою перевагою такого підходу є можливість масштабування. Проте використання в цих залежностях чисел Ейлера і Рейнольдса, модифікованих з урахуванням колової швидкості ротора як параметра, що характеризує інтенсивність сил інерції, може бути виправданим лише для апаратів з одним пульсаційним ступенем, оскільки в інших випадках колова швидкість не відображає реального стану потоку в всьому пульсаційному вузлі.

Метою статті є розроблення методу визначення й форми залежностей, що характеризують затрати енергії на прокачування рідини крізь робочі органи роторно-пульсаційного апарата.



1 – корпус апарата; 2 – пульсаційний вузол; 3 – діафрагма;
4 – зливний патрубок

Рис. 1 – Схема лабораторної установки

ми подано у формі $Eu_Q = f(Re_Q)$, де числа Eu і Re модифіковано заміною середньої швидкості потоку на витрату в такий спосіб, що:

Викладення основного матеріалу.

Дослідження вели на лабораторній установці (рис. 1), прокачуючи воду крізь робочі органи РПА з внутрішнім циркуляційним контуром.

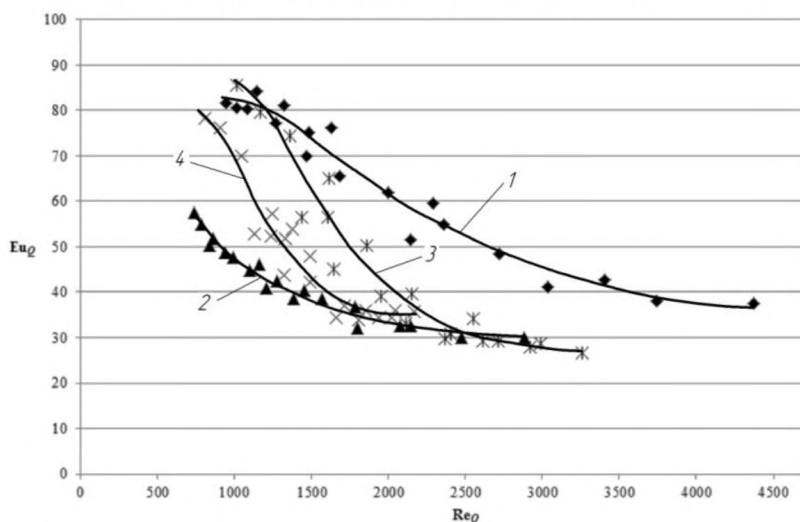
Робочий вузол РПА складався з напірного пристрою у формі крилатки й пульсаційного вузла, утвореного співвісними апарату циліндрами з бічною перфорацією у формі розміщених на одному рівні фрезерованих отворів однакової конфігурації й розмірів. Напір та об'ємну витрату рідини вимірювали в характерних перерізах на вході й виході стагторів робочого вузла апарата. Навантаження здійснювали, змінюючи рівень заповнення апарата.

За результатами дослідження визначено гідродинамічні характеристики робочих органів РПА, залежність між яки-

$$\text{Re}_Q = \frac{\rho Q_V}{\mu d} = \frac{Q_M}{\mu d}, \quad \text{Eu}_Q = \frac{gHd^4}{Q_V^2} = \frac{\rho^2 gHd^4}{Q_M^2},$$

де g – прискорення вільного падіння; H – динамічний напір; Q_V і Q_M – об'ємна й масова витрата рідини; d – визначальний розмір; ρ – густина рідини; μ – в'язкість рідини.

Таке модифікування чисел Eu і Re є значно зручнішим, оскільки заданою величиною, або ж такою, що може бути визначена прямим вимірюванням, є саме витрата, а не швидкість потоку. При цьому, враховуючи, що бічну перфорацію робочих органів пульсаційного вузла виконують у формі прямокутних отворів [5], як визначальний розмір d було взято його ширину, а не еквівалентний діаметр перерізу, яким рухається потік, як зазвичай. При цьому варто також враховувати співвідношення ширини до висоти отвору.



1-4 – криві, що відповідають місцю визначення параметрів потоку рідини I-IV на рис. 1

Рис. 2 – Залежності $\text{Eu}_Q = f(\text{Re}_Q)$

Криві, що відповідають рівням вимірювання в області другого статора (3, 4) мають крутіший схід, аніж в області першого (1, 2), що зумовлено змінням опору рухові й перерозподіленням потоку рідини під час її проходження крізь робочі органи з обертанням ротора.

Вигляд кривих у досліджуваному діапазоні значень Re_Q змінюється від похилого до вигнутого і далі наближається до паралельного вісі абсцис. Такий характер відповідає зміні режимів руху рідини – переходу до розвиненої турбулентності й наближенню до автоматичного відносно Re_Q режиму.

Запропоноване подання надає можливість перейти до напірно-витратної характеристики, для чого за витратою рідини Q_V і конфігурацією перфорації визначають Re_Q , за залежністю $\text{Eu}_Q = f(\text{Re}_Q)$ встановлюють Eu_Q , після чого за Eu_Q визначають динамічний напір H . Величини напору й витрати можуть бути використані для визначення кількості енергії, що витрачається на прокачування рідини крізь робочі органи РПА.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Запропонований підхід до визначення енергетичних параметрів потоків у робочих органах роторно-пульсаційних апаратів розширює можливості вдосконалення їхніх конструкцій і технологічних режимів оброблення рідин, дозволяючи краще масштабувати апарати та співставляти їхні характеристики. Розвиток цього підходу вимагає встановлення впливу особливостей конструкції й роботи РПА на його режимні параметри та розроблення на цій основі методики визначення гідродинамічної складової затрат енергії.

Список використаної літератури

1. Басок Б. И. Гидродинамика, теплообмен и эффекты дробления во вращательно-пульсирующих потоках / Б. И. Басок, Б. В. Давыденко, А. А. Авраменко, И. А. Пирожено. – К. : Экспрес, 2012. – 296 с.
2. Долинский А. А. Метод дискретно-импульсного ввода энергии и его реализация / А. А. Долинский, А. Н. Ободович, Ю. А. Борхаленко. – Х. : Апостроф, 2012. – 185 с.

3. Фомин В. М. Теоретическое и экспериментальное исследование характеристик роторно-пульсационного аппарата / В. М. Фомин, А. В. Федоров, Т. А. Хмель, М. С. Василишин [та ін.] // Инженерно-физический журнал. – 2008. – Т. 81. – № 5. – С. 817–825.
4. Анализ рабочих характеристик роторно-пульсационного аппарата с крыльчаткой / А. В. Фёдоров, Т. А. Хмель, М. С. Василишин и др. // Инженерно-физический журнал. – 2009. – 82. – № 5. – С. 823-829.
5. Балабудкин М. А. Роторно-пульсационные аппараты в химико-фармацевтической промышленности / М. А. Балабудкин. – М. : Медицина, 1983. – 160 с.

Надійшла до редакції 17.02.2015

Seminskyi O. O., Vasylenko R. M.

ENERGY FLOW PARAMETERS IN OPERATING TOOLS OF ROTARY-PULSE APPARATUS

The paper suggests the method of defining and the form of characteristic curves that in unique manner represent energy consumption in rotary-pulse apparatus for liquid pumping through its operating tools.

The advantage of energy flow parameters in operating tools of rotary-pulse apparatus is proved in the form of non-dimensional curves in advance of head and flow characteristics. It's recommended to take as the base Euler criterion-criterion Reynolds relation modified by the replacement in inertial components of mean flow velocity on flow consumption. The base relation may include dimensionless ratios that include structural features of operating tools of apparatus as well as processing mode.

The experimental studies results of energy flow parameters in operating tools of rotary-pulse apparatus are represented. The findings are obtained using original apparatus design/structure the feature of which is internal circulation of treated liquid flow. Such apparatus design provides the opportunity to identify the real flow characteristics and impact of operating tools construction on flows. The program study considers the use of operating unit of rotary-pulse apparatus that consists of pressure device in the form of impeller and pulse unit. The pulse unit is formed by coaxial to apparatus axis cylinders with side perforation placed at one holes level that are of the same form and size.

It's found that characteristics curves of modified Euler criterion-Reynolds criterion relation has the form of descending curves of complex shape that doesn't depend on pulse cascade number in operating apparatus unit.

Possibility of power component on liquid pumping through apparatus is indicated. It's emphasized and given the recommendation to pass from suggested form of dependency till head and flow characteristics.

The suggested approach for defining the energy flow parameters expands the opportunities for improvement of rotary-pulse apparatus construction as well as technological modes for liquid processing.

Keywords: *flow consumption, criterion, pressure, rotary-pulse apparatus.*

References

1. Basok, V.I. Davyidenko, B.V. Avramenko, A.A. i Pirozhenko, I.A. (2012), *Gidrodinamika, teploobmen i jeffekty droblenija vo vrashhatel'no-pul'sirujushhih potokah* [Hydrodynamics, heat exchange and drop effects in rotating pulsing flows], Ekspres, Kyiv, Ukraine.
2. Dolinskiy, A.A. Obodovich, A.N. i Borhalenko, Yu.A. (2012), *Metod diskretno-impul'snogo vvoda jenergii i ego realizacija* [Method of discrete-impulse energy input and its realization], Apostrof, Kharkiv, Ukraine.
3. Fomin, V.M., Fedorov, T.A. and Hmel, M.S. (2008), [Theoretical and experimental studying of rotary-pulse apparatus characteristics], *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal*, 5, 81, pp. 817–825.
4. Fyodorov, A.V., Hmel, T.A., Vasilishin, M.S., Karpov, A.G. and Kuhlenko, A.A. (2009), [Analysis of operating characteristics of rotary-pulse apparatus with impeller], *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal*, 5, 82, pp. 823–829.
5. Balabudkin, M.A. (1983), *Rotorno-pul'sacionnye apparaty v himiko-farmaceuticheskoj promyshlennosti* [Rotary-pulse apparatuses in chemico-pharmaceutical productions], Medicine, Moscow, Russia.