

Всеукраїнський

науково-технічний

журнал

**ПРОМИСЛОВА
ГІДРАВЛІКА І
ПНЕВМАТИКА**

1(27)

2010

ISSN 1994-4691



9 771994 469005

Редаційна колегія:

Головний редактор:

к.т.н., проф. Сарада Л.П. (м. Вінниця)

Перший заступник головного редактора:

д.т.н., проф. Зайончковський Г.Й.,
президент АС ПП (НАУ, м. Київ)

Заступника головного редактора:

д.т.н., проф. Струтинської В.Б. (м. Київ)

д.т.н., проф. Яноч О.М. (м. Київ)

к.т.н., проф. Іванов М.І. (м. Вінниця)

к.т.н., с.н.с. Бадах В.М. (м. Київ)

Члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. Анісімов В.Ф. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Гармашев А.Д. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Лисенко В.М. (м. Вінниця)

д.т.н., проф. Ісаківич-Лотоцький Р.Д.
(м. Вінниця)

д.т.н., проф. Бочаров В.П. (м. Київ)

д.т.н., проф. Лур'є З.Я. (м. Харків)

д.т.н., проф. Нахайдчук О.В. (м. Вінниця)

д.т.н., Паламарчук І.П. (м. Вінниця)

д.с.н., Калетнік Г.М. (м. Вінниця)

Секретаріат:

Відповідальний секретар:

к.т.н., доц. Переяславський О.М.
(м. Вінниця)

Заступника відповідального секретаря:

д.т.н., проф. Лутовський О.Ф. (м. Київ)

к.т.н., доц. Верба І.І. (м. Київ)

Асоційовані члени редакційної колегії від регіонів України:

д.т.н., проф. Кузнецов Ю.М. (м. Київ)

д.т.н., проф. Павлонко І.І.
(м. Львів)

д.т.н., проф. Сахно Ю.О. (м. Чернівці)

д.т.н., проф. Усов А.В. (м. Одеса)

д.т.н., проф. Батляк В.А. (м. Львів)

д.т.н., проф. Михайлов О.М.
(м. Донецьк)

д.т.н., проф. Мельничук П.П.
(м. Житомир)

д.т.н., проф. Ковальов В.Д.
(м. Ізмаїльський)

д.т.н., проф. Фінкельштейн З.Л.
(м. Алчевськ)

д.т.н., проф. Провалюк О.С.
(м. Дніпропетровськ)

к.т.н., проф. Ступаченко А.О. (м. Суми)

д.т.н., проф. Осенін Ю.І. (м. Луганськ)

д.т.н., проф. Селявський О.М.
(м. Санкт-Петербург, Росія)

д.т.н., проф. Панченко А.І.
(м. Миколаїв)

к.т.н. Карлутин Б.В. (м. Київ)

д.т.н. Трафімов В.А. (м. Київ)

к.т.н., доц. Жук В.М. (м. Львів)

ПРОМИСЛОВА ГІДРАВЛІКА І ПНЕВМАТИКА

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Журнал засновано у березні 2003 р.

Свідчення про реєстрацію НВ № 7033, видає
Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення і радіомовлення України 1.03.2005 р.

№1(27)
'2010

Засновники: Вінницький державний аграрний університет,
Асоціація спеціалістів промислової гідравліки і пневматики

Номер друкується згідно з рішенням Вченої ради БДАУ (протокол №17 від 26.01.2010 р.)

Журнал рішенням президії ВАК України від 30 червня 2004 р. № 3-05/7 входить в перелік
наукових фахових видань (білететів ВАК України, № 8, 2004 р.)

З М І С Т

Загальні питання

промислової гідравліки і пневматики

Н.І. Библюк, О.А. Стиранівський, О.С. Мачуга

Науково-технічні аспекти запобігання негативному впливові
господарської діяльності на довкілля

3

М.Г. Бойко, О.А. Геммерлінг

Дослідження сили удару гідроімпульсного струменя при проходженні його
через шар зруйнованого вугілля різної вологості

10

Г.О. Мазяр, І.О. Гузьова, Я.М. Ханік

Вивчення гідродинаміки при фільтрації теплоносія крізь сухий шар фосфатитсу

13

И.А. Емельянова, А.А. Задорожний, С.А. Гузенко

Зависимость скоростей движения частиц бетонной смеси от начальных условий
рабочего процесса при использовании малогабаритного оборудования

16

А.Г. Виноградов

Математичне моделювання розподілу концентрацій та швидкостей крапель
у водяній завесі

20

М.П. Кулик

Про можливі енергоздатні підходи в процесі виробництва теплової
та електричної енергії

23

Р.С. Мякохляб

Моделювання тепломасообмінних процесів при сушінні деревини:
алгоритмування розрахунку

27

Прикладна гідромеханіка, гідромашини і гідропневмоагрегати

В.А. Батляк, І.В. Проскуріна, А.В. Ляшенко

Математична модель процесу очищення заглибленого дотону
у відцентрово-всерединних пилословловлювачах

31

А.Ф. Луговской, В.П. Фесич, А.В. Мовчанюк

Методика расчета ультразвуковых высокоамплитудных резонансных приводов
для канвационных технологий

37

В.І. Сівецький, Д.Д. Рябінін, О.Л. Соколюський

Вплив ефективного ковзання на параметри потоку маністонівської рідини

41

Асоційовані зарубіжні члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. Попов Д.М.
(м. Москва, Росія)
д.т.н., проф. Єрманов С.О.
(м. Москва, Росія)
д.т.н., проф. Іванов Г.М.
(м. Москва, Росія)
д.т.н., проф. Нагорний В.С.
(м. Санкт-Петербург, Росія)
д.т.н., проф. Чегадаєв Д.С.
(м. Самара, Росія)
к.т.н., с.к.є. Малишев С.А.
(м. Москва, Росія)
к.т.н., доц. Ащеулов О.В.
(м. Санкт-Петербург, Росія)
к.т.н., с.н.с. Колеватов Ю.В.
(м. Новосибірськ, Росія)
д.т.н., проф. Метлюк Н.Ф.
(м. Мінськ, Республіка Білорусь)
к.т.н., проф. Немирюцька І.А. (Ізраїль)
д.т.н., проф. Врублевський А. (Польща)
д.т.н., проф. Христов Х. (Болгарія)
д.т.н., проф. Яеделчева П. (Болгарія)

Адреса редакції:
21008, м. Вінниця
вул. Сонячна, 3,
Вінницький державний аграрний
університет
тел.: (0432) 57-42-27, 43-72-30
e-mail: journal@vsnau.org



ГЛОБУС-ПРЕС

21021, м. Вінниця, 600-річчя, 15
Свідчення про внесення до Державного
реєстру ДК № 1877
тел. (+38 0432) 67-58-92

E-mail: globuspr@svitonline.com

Технічний редактор О.А. Мельниченко
Комп'ютерна верстка О.В. Ступак
Коректор С.Н. Гонка

Згідно до набору 11.01.2010.
Підписано до друку 21.02.2010.
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Гарнітура JOURNAL. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 21. Зак. № 09-41.
Наклад 100 прим.

З М І С Т

С.В. Косюк, С.А. Чистяков, А.В. Котелевєв Оцінка структури потоку фотозмульсини в розподільчих каналах многочислової головки	44
Р.М. Гнатів, І.Ф. Рип'як, В.В. Чернюк Дослідження неусталеного середовища трубопроводів гідравлічних систем методами візуалізації	47
А.А. Евтушенко, С.О. Луговая, Л.Л. Ольштынський, И.Б. Твердохлеб Исследование промежуточной ступени центробежного насоса с уменьшенными массо-габаритными характеристиками в диапазоне $ps = 120-140$	52
С.О. Хованський Вимоги до форми енергетичних характеристик відцентрових насосів гідравлічних мереж комунального водопостачання	56
А.Т. Гусак, В.А. Панченко, И.В. Островський Некоторые подходы к методике проектирования направляющих аппаратов осевых погружных моноблочных насосов	61
А.Н. Гулий, А.Н. Зубакин Совершенствование конструкций центробежных насосов, основанное на использовании демпфирующих эффектов щелевых уплотнений проточных частей	65
Д.М. Кашуба, О.М. Яхно, В.С. Кривошеев, О.В. Кривошеев Метод расчета потерь энергии при течении аномально-вязких жидкостей в конических щелевых зазорах	68

Системи приводів. Технологія і обладнання машинобудівного виробництва. Мехатроніка

З.Я. Лурье, А.И. Гасюк Определение аппроксимированных уравнений нагрузки на гидростатический подшипник гидротурбина подъема вала паровой турбины	71
В.Б. Струтинський, Д.Ю. Федориняко Моделирование траекторий пространственного движения опорных точек шпинделя на основе стохастической математической модели	75
В.В. Дубінський, С.П. Кулініч, В.П. Чуйко Математична модель вібраційного гідравлічного привода преса для утилізації відходів деревообробних підприємств	81
Р.Д. Іскович-Лотоцький, М.О. Мовчанюк, М.В. Бакало Вимірний комплекс для визначення робочих параметрів технологічних машин з гідропульсним приводом	86
В.І. Мосуленко, О.С. Чумаченко Гідродинамічні характеристики потоку в зоні обробки електричною дугою як визначальний фактор при конструюванні електрода-інструмента	90

Механізація сільськогосподарського виробництва

А.А. Патченко, С.Ф. Новельов, В.В. Коломієць, М.С. Овчаренко Шляхи підвищення ефективності ретарних теплогенеруючих агрегатів-гомогенізаторів агрегатів-гомогенізаторів	67
---	----

А.А. Пячченко, канд. техн. наук,
С.Ф. Ковальов,
В.В. Коломієць,
М.С. Овчаренко
Сумський державний університет

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОТОРНИХ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИХ АГРЕГАТІВ-ГОМОГЕНІЗАТОРІВ

Разработчик роторный агрегат на базе проточной части многофункционального теплогенерирующего устройства для реализации ряда технологических процессов пищевой, химической, фармацевтической отраслей. Обоснована возможность использования математической модели роторно-пульсационных аппаратов и предложен способ ее уточнения.

Article is devoted creation rotor unit on the basis of a flowing part multifunction heat-generating aggregate for realisation of some technological processes of food, chemical, pharmaceutical branches. Possibility of use of mathematical model rotor-pulsations devices is proved and the way of its specification is offered.

Вступ

Ряд технологічних процесів харчових, фармацевтичних та хімічних технологій передбачають поетапне змішування ряду компонентів (як рідин, так і порошкоподібних) з певним температурним підгрівом для розчинення компонентів або протікання хімічної реакції. Характеристики готового продукту при цьому контролюються за показниками однорідності та гранулометричним складом.

До таких технологій можна віднести:

- Підготовку зернового замісу в умовах спиртових виробництв [1-3] (наприклад, Стецьківський спиртзавод). Згідно діючої технології відбувається сухий помол зерна, змішування крупки з водою та ферментами, підгрів та викачування до бродильних апаратів. Можливість ресурсо- та енергозбереження при цьому перш за все визначається гранулометричним складом зернової суміші: перехід на низькотемпературне бродіння (зі 135°C на 95°C) є можливим тільки при 100%-ному проході через сито 1 мм. Зниження часу витримки при необхідній температурі можливо тільки за рахунок зменшення гранулометричного складу.
- Виробництво майонезу (завод продтоварів, с. Бездрик). Ця технологія характеризується змішуванням таких компонентів, як яєчний порошок, вода, сухе молоко, сіль, гірчичний порошок, оцтова кислота та бетакаротин з швидкістю до температури близько 60°C. Стійкість кінцевого продукту визначається ступенем гомогенізації.
- Виробництво соків з м'якоттю та сумішей на їх основі (Рожищенський консервний завод). Приготування со-

кових сумішей передбачає змішування у певному відсотковому співвідношенні різних соків (виноградно-яблучний, яблучно-морковний, полунично-банановий тощо). Якість кінцевого продукту та зменшення його розшаровування залежить, перш за все, від ефективності гомогенізації.

- Виробництво маргаринів, сирів, молока (ТОВ «Моліс», ТОВ «Авіс», ТОВ «Добряна»). Вказані технології передбачають на певному етапі виробництва змішування молочних сумішей з рослинними або молочними жирами. Для збільшення стійкості емульсії використовують гомогенізацію кінцевого продукту.
- Виробництво масел, мастил, змашувально-охолоджуючих рідин (фірма «Альфа», м. Кривий Ріг). Технологічний процес передбачає змішування різних компонентів (масла, жири, вода, хімічні реагенти та каталізатори), підгрів отриманої суміші до температури близько 140°C для перебігу хімічної реакції та активну гомогенізацію для отримання однорідного продукту.
- Виробництво лаків та красок (ТОВ «Імпульс» м. Суми). Технологія передбачає змішування у водному середовищі розчинників з наступним додаванням пігменту та наступним його перетином до розмірів 30 мкм.

Реалізація вказаних технологій є можливою лише за рахунок використання пристроїв для гомогенізації. У деяких випадках використовують гомогенізатори на базі трьохшпунжерних насосів та ігольчатих сосел. Основним недоліком вказаних гомогенізаторів є неможливість регулювання витрати робочого середовища та неможливість додаткового подрібнення твердих включень, що в ньому знаходяться.

Основні результати досліджень

За таких умов було зроблено спробу реалізації вказаних технологічних процесів з використанням багатофункціональних теплогенеруючих агрегатів-гомогенізаторів [4] (рис. 1). Випробування в промислових умовах підтвердили якісні характеристики середовища при роботі в режимі рециркуляції (середовище проходить через проточну частину агрегата декілька разів).

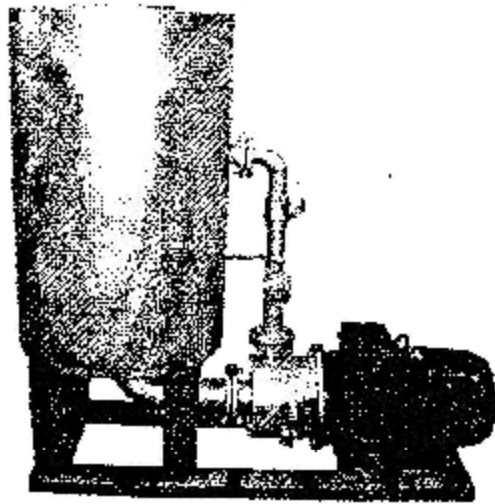


Рис. 1. Зовнішній вигляд вихрового теплогенеруючого агрегата-гомогенізатора.

Основним недоліком такої організації технологічного процесу є ускладнення лінії та необхідність циклічної роботи виробництва. Для вирішення вказаного питання можна запропонувати декілька підходів:

- Спільна робота вихрових гомогенізаторів та гідролінамінних сепараторів. Цю схему реалізовано для технології підготовки зернового замісу в умовах спартового виробництва (рис. 2). Вказаний напрямок дозволяє за рахунок сепаратора відібрати робоче середовище (від 20 до 50% витрати), що відповідає необхідному гранулометричному складу. Залишок робочого середовища повертається на вхід до гомогенізатора. Розрахунок та проектування сепаратора (рис. 3) виконано згідно методики проф. З.Л.Фінкельштейна.
- Створення агрегатів-гомогенізаторів, які дозволяють отримати кінцевий продукт з необхідними якістьми «за один прохід». Реалізація такого підходу можлива за рахунок використання конструктивної схеми агрегата, яка дозволяє виконати необхідний ступінь подрібнення, можливість впливу на гранулометричний склад робочого середовища, насосний ефект для прокачування робочого середовища.

Було прийнято рішення реалізації вказаного напрямку шляхом створення роторного гомогенізатора. Були обрані наступні вихідні дані для розрахунку проточної частини роторного гомогенізатора:

- витрата робочого середовища — $10 \text{ (м}^3/\text{год)}$;
- щільність робочого середовища — $1000 \text{ (кг/м}^3)$;

- кінцевий гранулометричний склад — не більше $0,2 \text{ (мм)}$;
- потужність агрегата — $22-30 \text{ кВт}$ у залежності від типу робочого середовища.

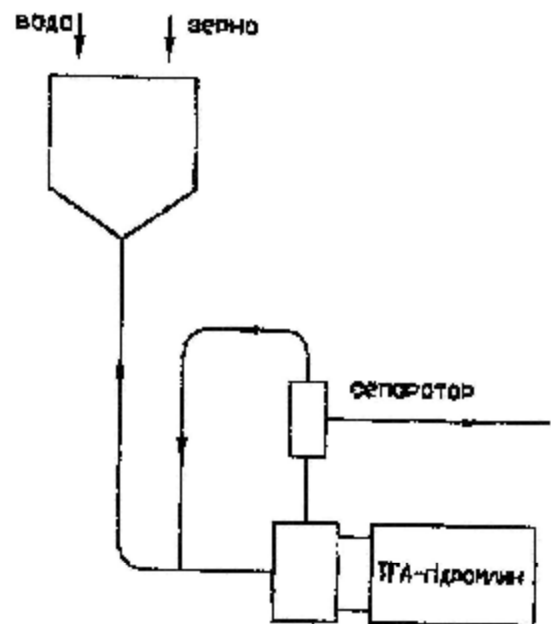


Рис. 2. Схема роботи гомогенізатора з сепаратором.

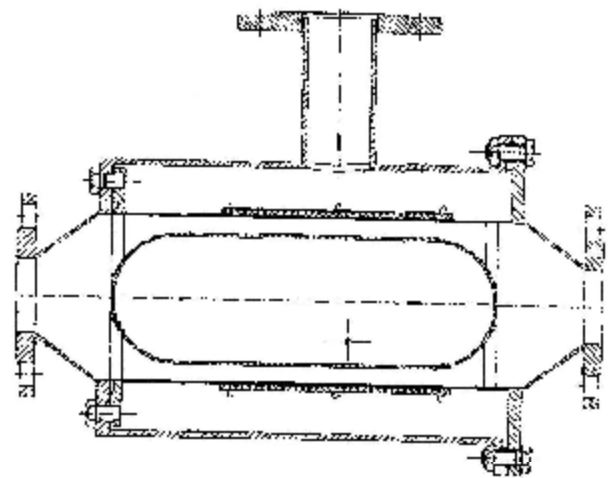


Рис. 3. Сепаратор.

Для розрахунку конструктивних та режимних параметрів використовуємо математичну модель роторно-пульсаційних апаратів [5, 6].

$$N = k_n \cdot \rho \cdot l \cdot n^2 d^4,$$

де k_n - коефіцієнт потужності; ρ - густина робочого середовища; l - характерний лінійний розмір; n - частота обертання ротора; d - діаметр ротора.

Значення k_n для роторно-пульсатійних апаратів розраховується за формулою:

$$k_n = 37,5 \cdot Re_n^{0,1} \left[\left(\frac{b_r \cdot z_r}{d} \right)^{0,7} + \left(\frac{b_c \cdot z_c}{d} \right)^{0,7} \right] \times \left(1 + 7,2 \cdot \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot b_c \cdot l_c \cdot z_c} \right) \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^{0,2}$$

де Re_n — відцентровий критерій Рейнольдса; b_r — ширина прорізів ротора, м; b_c — ширина прорізів статора, м; z_r — кількість прорізів ротора; z_c — кількість прорізів статора; l_c — висота прорізу статора, м; Q — витрата ТГА, м³/с; h — величина зазору між зубцями статора і ротора, м.

У свою чергу відцентровий критерій Рейнольдса Re_n розраховується наступним чином:

$$Re_n = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}$$

де μ — динамічна в'язкість середовища, (Па · с).

Слід зазначити, що агрегат розглядається як багато-ступеневий і для кожної ступені виконується розрахунок відповідно до вищевказаних формул. Загальна потужність агрегата визначається як сума значень потужностей на кожному ступені

$$N = \sum_{i=1}^m N_i$$

де N_i — потужність i -го ступеня, розрахована згідно до формули, N — кількість ступенів ТГА.

Виходячи з того, що конструкція роторного гомогенізатора є двохпоточною, то отримане значення сумарної потужності визначимо

$$N_{\text{св}} = 2 \cdot N$$

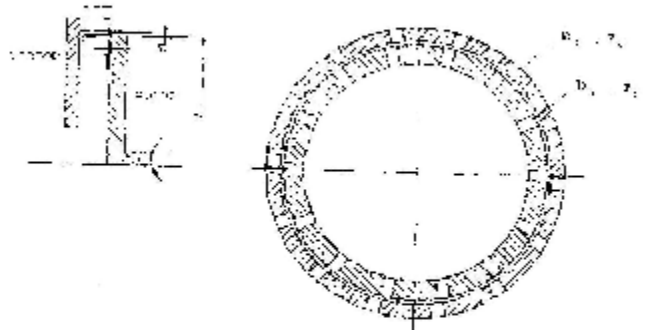


Рис. 4. Розрахункова схема роторно-пульсатійного апарата.

Головною відмінною конструктивної схеми роторно-пульсатійного апарата від схеми роторного гомогенізатора, що розробляється, є різна кількість пазів на роторі та статорі. Це призводить до того, що робоча камера повністю не закривається та, як наслідок, не випливають значні пульсатійні тиску.

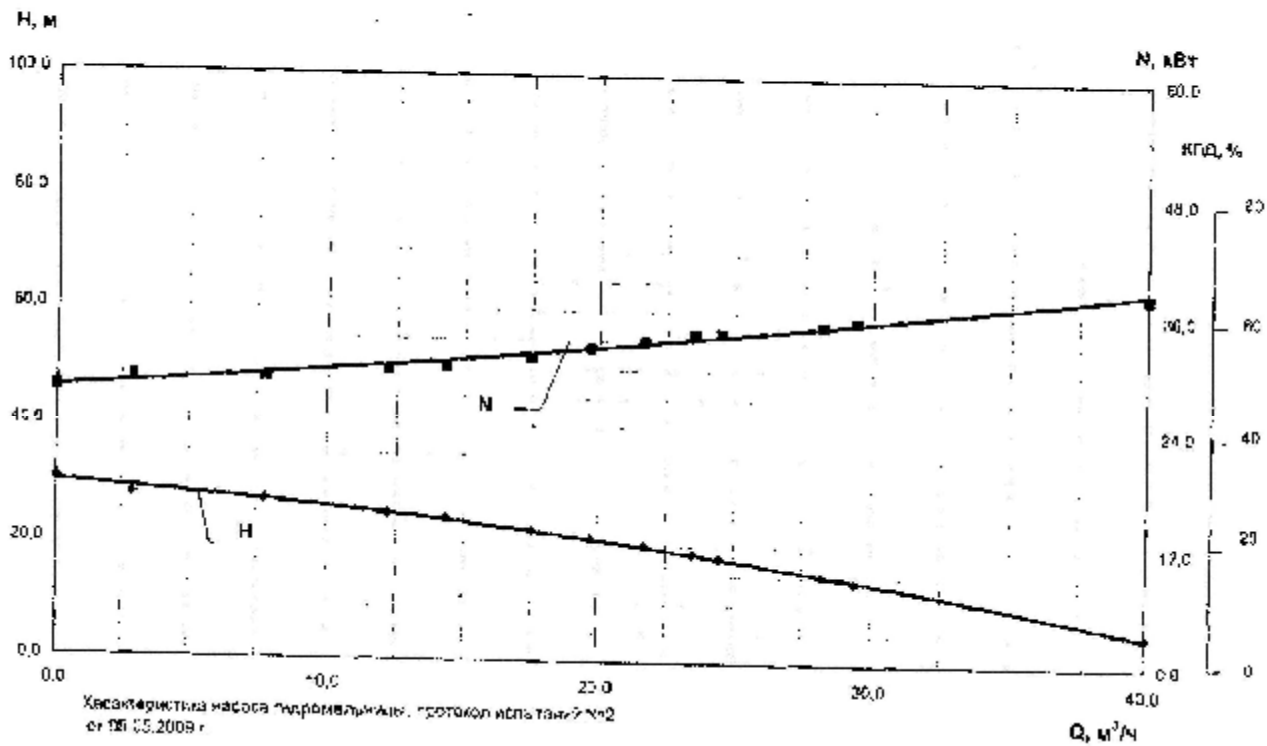


Рис. 5. Напірна та енергетична характеристики другого ступеня ТГА-гідромлина.

Табл. 1. Вихідні дані та результат розрахунку

Статі розрахунку							
Густина ρ , кг/м^3	998,2						
Частота обертання n , об/с	50						
Диметрична в'язкість μ , $\text{Па}\cdot\text{с}$	0,001008						
Лійний розмір r , м	0,01						
Висота прорізу статора l_0 , м	0,03						
Ведуча зазору h , м	0,0003						
Витрата ПГА Q , $\text{дм}^3/\text{с}$	0,002778						
Параметри ступеня	Ступені						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Зовнішній діаметр ротора d , м	0,1095	0,12	0,1295	0,14	0,1495	0,16	0,1595
Широта прорізу ротора b_r , м	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Широта прорізів статора b_s , м	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Кількість прорізів ротора z_r	18	18	18	18	18	18	18
Кількість прорізів статора z_s	24	24	24	24	24	24	24
Відцентрований критерій Рейнольдса $Re_{\text{вк}}$	593683	713000	830360	970472	1106647	1267555	1422546
Критерій потужності k_p	6,36	5,07	4,20	3,46	2,94	2,49	2,16
Потужність $E_{\text{гп}}$ ступеня N , Вт	1141	1312	1473	1659	1834	2034	2272
Потужність ПГА N , Вт	23350						

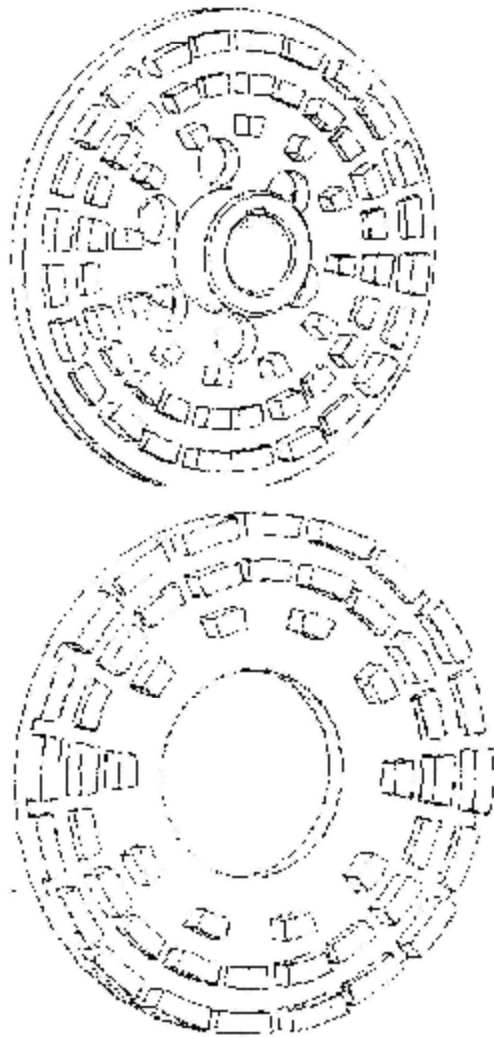


Рис. 6. Робачі органи ПГА-гідромліна.

Для попереднього розрахунку проточної частини та конструювання гомогенізатора обираємо математичну модель роторно-пульсаційного агрегата з подальшим її уточненням емпіричним коефіцієнтом.

Визначення вказаного коефіцієнта виконується шляхом порівняння розрахункової характеристики ПГА-гідромліна з експериментальною характеристикою другого ступеня (рис. 5, 6), який досить близький за конструкцією до робочих органів роторного гомогенізатора. Відмінність полягає у зменшенні ширини та кількості вікон ротору та статора та зменшенні величини зазору між ними.

В табл. 1 наведено вихідні дані для розрахунку проточної частини роторного гомогенізатора, а також результати розрахунку уточненого коефіцієнта та величини потужності кожного ступеня та агрегата в цілому. На рис. 7 показано конструктивну схему агрегата гомогенізатора.

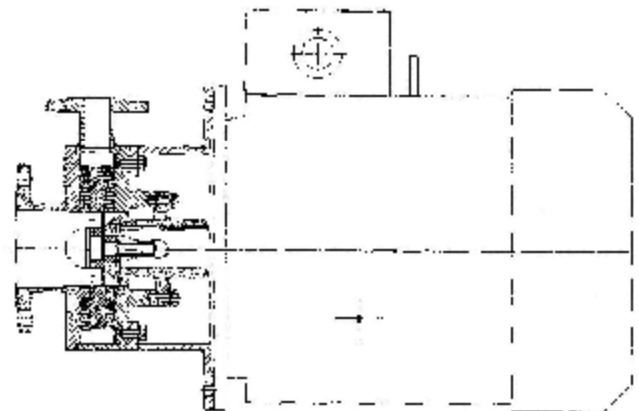


Рис. 7. Роторний гомогенізатор.

Висновки

1. Виконано огляд існуючих технологічних процесів, які для підвищення якості кінцевого продукту потребують процесу гомогенізації.
2. Для ряду технологій обґрунтовано можливість використання теплогенеруючих агрегатів-гомогенізаторів при їх роботі в режимі рециркуляції або з використанням пристроїв для сепарації.
3. Запропоновано підхід щодо розрахунку режимних параметрів гомогенізатора роторного типу за допомогою математичної моделі роторно-пульсаційних апаратів з подальшим її уточненням емпіричним коефіцієнтом, що враховує конструктивну відмінність робочих органів.
4. Виконано розрахунок та конструювання роторного гомогенізатора.

Література

1. Технологія спирта / В.А. Маринченко, В.А. Смирнов, Б.А. Устинников и др: Под ред. В.А. Смирнова. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 416 с.
2. Технологія спирта и спиртотпродуктову / В.В. Ильнич, Б.А. Устинников, И.И. Бурачевский, СИ. Громов; под ред. В.В. Ильнич. — М.: Агропромиздат, 1987. — 383 с.
3. Ковальов С.Ф., Папченко А.А. Багатофункціональні теплогенеруючі агрегати та їх використання для перспективних технологій спиртової промисловості // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. — 2007. — № 3 (109). — С. 124—128
4. Євтупенко А.О., Папченко А.А., Ковальов С.Ф., Овчаренко М.С. Розробка багатофункціонального теплогенеруючого агрегату — гомогенізатора для приготування біологічних добавок // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Машиностроение. — К.: НТУУ «КПІ». — 2007. — С. 53.
5. Барам А.А., Дерко П.П., Клоцунг Б.А. Расчет мощности аппаратов роторно-пульсационного типа // Химическое и нефтяное машиностроение. — 1978. — № 4. — С. 5—9.

Надійшло 14.12.2009 р.