

Авторефер

к 35

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

Кешін Микола Іванович

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ  
ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОТИРАЛЬНИХ МАШИН

Спеціальність 05.18.12 - процеси та апарати  
харчових виробництв

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

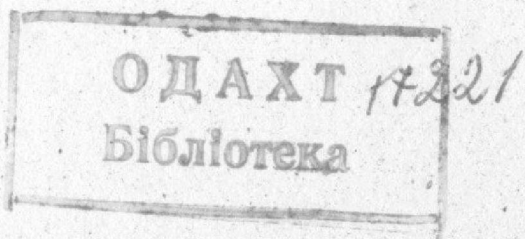
Одеса - 1996

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій.

Науковий керівник : доктор технічних наук,  
професор  
О.К.Гладушняк

Офіційні опоненти : доктор технічних наук,  
професор  
М.В.Остапчук  
доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Я.Г.Верхівкер



Провідна організація : ДНВО "Консервпромкомплекс"  
(м. Одеса)

Захист відбудеться "28" листопада 1996 р. о 10 годині 30  
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.16.01 при Одеській  
державній академії харчових технологій за адресою:  
270039, м.Одеса, вул. Канатна, 112 (ауд. А-234).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеської державної академії харчових технологій.

Автореферат розісланий "28" жовтня 1996 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради,  
доктор технічних наук,  
професор

Б.В.Стгоров


## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. На консервних підприємствах, у колективних та фермерських господарствах широкого застосування набули протиральні машини. Це машини роторного типу з консольно закріпленими обертальними бичами та нерухомим барабаном, що складається із жорсткого перфорованого каркасу, всередині якого розташовано перфороване сито. При переробці насінної плодосовчевої сировини здебільшого застосовують сита з отворами круглої форми діаметром від 0,4 до 3,0 мм. Готовий напівфабрикат з допомогою таких машин одержують шляхом витікання рідкої фази попередньо подрібненої сировини крізь отвори перфорованих поверхонь (робочих сит). Рухомою силою процесу є тиск, який утворюється на внутрішній поверхні барабана внаслідок обертального руху сировини з допомогою бичів.

Таким чином, ефективність роботи протиральних машин визначається низкою факторів, що впливають на витрати рідини крізь одиничний отвір і оцінкою яких є коефіцієнти витрат, швидкості та звуження струменю.

У спеціальній літературі кількісні значення вказаних коефіцієнтів стосовно зазначених розмірів отворів для однорідних і неоднорідних рідин відсутні.

Таким чином, дослідження процесу витікання однорідних та неоднорідних рідин, до яких відносяться рослинні суспензії, з отворів робочих сит протиральних машин стосовно умов їх роботи, набуває науково-технічного значення та актуальності. Це дозволить науково обґрунтувати проектування нових видів протиральних машин та підвищити ефективність роботи їх існуючого парку.

Мета та задачі роботи. Метою роботи є наукове обґрунтування підвищення ефективних режимів протирання сировини на підставі дослідження витратних характеристик отворів перфорованих поверхонь протиральних машин.

Відповідно до цього поставили такі задачі:

- теоретично обґрунтувати вплив конструктивних та кінематичних параметрів на витратні характеристики отворів перфорованої поверхні при витіканні однорідних рідин;
- визначити кількісні значення витратних характеристик отворів перфорованих поверхонь при витіканні з них однорідних рідин в залежності від їх в'язкості та висоти в барабані, кутової швидкості бичів, діаметрів отворів;
- визначити кількісні значення коефіцієнта витрат отворів перфорованих поверхонь протиральних машин при витіканні з них деяких видів рослинних суспензій в залежності від їх режиму течії, висоти в барабані, кутової швидкості бичів, їх кількості та діаметрів отворів;
- встановити режими протирання, які дозволять підвищити ефективність роботи протиральних машин.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше визначені кількісні значення витратних характеристик отворів перфорованих поверхонь протиральних машин при витіканні однорідних рідин та рослинних суспензій деяких видів плодоовочевої сировини та в теоретичному обґрунтуванні факторів, які впливають на витікання однорідних рідин.

Практичне значення. Отримано дані, які дозволяють науково обґрунтувати проектування нових зразків протиральних машин, а також підвищити ефективність роботи наявного парку устаткування.

Впровадження результатів роботи. Результати досліджень використані Одеським спеціальним конструкторсько-технологічним бюро продовольчого машинобудування при проектуванні нових зразків протиральних машин. Отримані результати дозволяють виконувати необхідні інженерні розрахунки з метою обґрунтування більш ефективних режимів протирання сировини. Це, в свою чергу, дозволить обґрунтовано підходити до вибору геометричних параметрів робочих органів протиральних машин.

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідали на 51, 52, 54 та 56-й наукових конференціях Одеської державної академії харчових технологій, де отримані позитивні оцінки.

На захист виносяться наукові положення, одержані особисто автором:

- теоретичне обґрунтування впливу конструктивних та кінематичних параметрів на витратні характеристики отворів перфорованих поверхонь при витіканні однорідних рідин;

- результати експериментальних досліджень відносно коефіцієнтів швидкості і витрат при витіканні крізь отвори однорідних рідин та коефіцієнта витрат при витіканні рослинних суспензій деяких видів плодосочевої сировини;

- рекомендації, які дозволять підвищити ефективність роботи протиральних машин.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 13 робіт та отримано одне авторське свідоцтво.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків і рекомендацій, списку використаної літератури і додатків. Робота викладена на 152 сторінках машинописного тексту, куди входять 25 рисунків, 21 таблиця, та одного додатка. Список використаної літератури складається з 140 найменувань, в тому числі 7 іноземних.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми та сформульовані мета та задачі роботи.

У першому розділі розглянуто існуючі машини, за допомогою яких рослинна сировина поділяється на напівфабрикат та відходи. Наведено характеристики сит, що застосовуються при протиранні та фінішуванні. Проаналізовано структурно-механічні властивості плодосочевої рослинної сировини. Розглянуто процес витікання одво-

рідних та неоднорідних рідин з отворів для трьох характерних випадків: у полі сил тяжіння при відсутності або наявності транзитної швидкості основного потоку та для випадку витікання рідин у полі інерційних сил.

За літературними даними критеріальні рівняння для визначення коефіцієнтів витрати  $M$ , швидкості  $\varphi$  і звуження струменю  $\epsilon$  в тонкій стінці мають вигляд  $M = f_1(Re_0, We, Fz, \delta/d)$ ;  
 $\varphi = f_2(Re_0, We, Fz, \delta/d)$ ;  $\epsilon = f_3(Re_0, We, Fz, \delta/d)$ ,  
 де  $Re_0, We, Fz$  - відповідно числа Рейнольдса для отвору, Вебера та Фруда, які відображають дію сил в'язкості, поверхневого натягу та тяжіння на витрати рідини. Відносна товщина отвору  $\delta/d$  характеризує умови витікання рідини: в тонкій стінці чи із насадка, де  $\delta$  - товщина стінки, в якій виготовлено отвір діаметром  $d$ .

Числа  $Re_0, We, Fz$  знаходяться за виразами  $Re_0 = \rho d / \nu$  ;  
 $We = \rho d^3 / \sigma$  ;  $Fz = 2H/d$ , де  $\rho$  - швидкість течії в стиснутому перерізі струменю рідини на виході з отвору, м/с;  $\nu$  - кінематична в'язкість рідини, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  - її густина, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  - коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;  $H$  - висота стовпа рідини, при якій вона витікає з отвору, м.

Значення означених коефіцієнтів в літературі наведено для отворів, діаметри яких змінюються від 5 до 300 мм. Для випадку, коли сили в'язкості, поверхневого натягу та тяжіння не впливають на процес витікання з отвору однорідних рідин в тонкій стінці при відсутності транзитної швидкості основного потоку ці коефіцієнти мають такі значення:  $M = 0,62$ ;  $\varphi = 0,97$ ;  $\epsilon = 0,64$ .

При наявності транзитної швидкості основного потоку витрати рідини крізь отвір зменшуються в декілька разів, що пов'язано з умовами підходу і входу рідини до отвору.

При витіканні рідини з отвору в полі інерційних сил важливого значення набуває характер її руху відносно перфорованої поверхні.

При тотожності швидкостей рідини та перфорованої поверхні умови витікання аналогічні витіканню в полі сил тяжіння. При різних швидкостях витрати рідини зменшуються в зв'язку з зміною умов її входу до отвору.

Таким чином, аналіз літературних джерел показав, що при витіканні однорідних і неоднорідних рідин з отворів, які застосовуються в робочих ситах протиральних машин, інформація про їх витратні характеристики відсутня. На цій підставі сформульовано мету та задачі роботи.

У другому розділі викладено теоретичні основи витікання однорідних рідин. Під час розгляду прийняли такі припущення.

1. Теоретичний опис та експериментальні дослідження провели за умов зони активного відокремлення, в якій отримують більш за 80 % готового напівфабрикату. Припускали, що в указаній зоні густина суспензії постійна.

2. Розглядали секційний рух рідини, тобто стан, коли течія рідини в зазорі між кромками бочків та внутрішньою поверхнею барабана відсутня.

3. Діаметри отворів малі в порівнянні з радіусом барабана та висотою потоку рідини, тобто, вплив витрат рідини крізь отвори на параметри її течії в барабані можна не враховувати.

4. Під час витікання рідини утворюється стиснутий переріз, у якому лінії течії паралельні.

5. Форма вільної поверхні рідини близька до циліндричної.

Рідина в барабані здійснює обертовий рух з переміщенням у радіальному коловому та осьовому напрямках. Вектор повної швидкості точки в цьому випадку визначали за виразом

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z \quad \text{м/с}, \quad (1)$$

де  $\vec{v}_x$ ,  $\vec{v}_y$ ,  $\vec{v}_z$  - відповідно вектори радіальної, осьової та колової складових повної швидкості.

Для випадку осциляційного руху рідини колова складова може бути оцінена як швидкість робочої кромки бича.

$$v_0 = \omega R, \text{ м/с}, \quad (2)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість бичів,  $\text{с}^{-1}$ ;  $R$  - радіус барабана, м.

На підставі теоретичного аналізу та дослідних даних вплив радіальної та осової складових повної швидкості становив не більш 6%. Таким чином, для опису витратних характеристик отворів перфорованих поверхонь протиральних машин та фінішерів обмежились розглядом тільки обертового руху рідини в барабані, а її швидкість відносно отворів перфорації оцінювали згідно з (2).

Для знаходження швидкості течії з отвору з урахуванням припущення про нехтування силами тяжіння використали рівняння Бернуллі для перерізів I - I та II - II, (рис.1), у вигляді

$$2P/\rho + v_T^2 = v^2 + 2\Delta P/\rho, \quad (3)$$

де  $P$  - тиск рідини на перфорованій поверхні, Па;  $\Delta P$  - втрати тиску, що пов'язані з викривленням ліній течії при надходженні рідини до отвору, які визначаються за формулою Вейсбаха, Па;  $v_T$  - транзитна швидкість потоку, що дорівнює колівній складовій і визначається за (2).

$$\Delta P = \xi \rho v^2 / 2, \text{ Па}, \quad (4)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт місцевого опору при вході рідини до отвору.

Підставляючи (4) в (3) та розв'язуючи останнє відносно  $v$  знаходимо швидкість струменю в стиснутому перерізі

$$v = 1/\sqrt{1+\xi} \cdot \sqrt{2P/\rho + v_T^2} = \varphi \sqrt{2P/\rho + v_T^2}, \text{ м/с}, \quad (5)$$

де вираз  $\varphi = 1/\sqrt{1+\xi}$  уявляє собою коефіцієнт швидкості  $\varphi$ .

Характерною особливістю цього рівняння є наявність транзитної складової швидкості потоку  $v_T$ , що впливає на швидкість струменю у отворі.

Для визначення тиску  $P$ , що входить до останнього виразу, ви-

користали відомою залежністю, що виведена для визначення тиску рідини в барабанах центрифуг

$$P = \rho \omega^2 (R^2 - z^2) / 2, \text{ Па}, \quad (6)$$

де  $z$  - радіус вільної поверхні рідини, м.

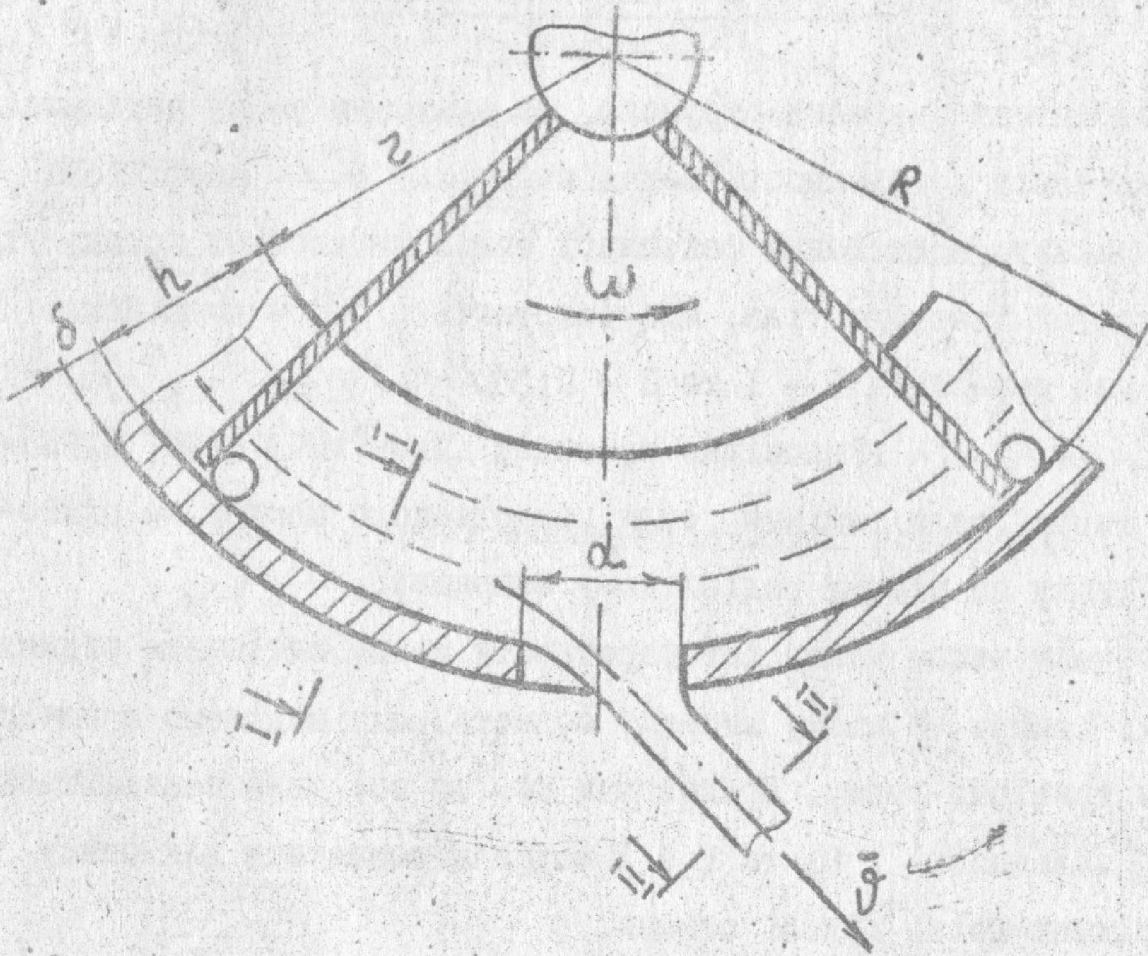


Рис. 1. Схема витікання рідини з отвору круглої форми в полі інерційних сил.

З урахуванням (2) і (3) вираз (5) набирає вигляду

$$v = \varphi \omega \sqrt{R^2 + h(2R - h)}, \text{ м/с}, \quad (7)$$

де  $h = R - z$  - висота потоку рідини над отвором, м.

Під час розгляду витрати рідини із отвору з урахуванням припущення (3) внутрішню поверхню барабана апроксимували площиною. Отвір приймали у формі вузької щілини, більший розмір якої розташовано вздовж утворюючої барабана. При цьому впливом особливостей витікання на кінцях щілини на витрату рідини крізь отвір можна нехтувати.

На підставі використання рівняння збереження шкільності руху

Формула для визначення витрат рідини крізь отвір має вигляд

$$Q = M f \omega \sqrt{R^2 - z^2}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (8)$$

З урахуванням сил, що діють на виділений об'єм рідини в області отвору, коефіцієнт витрат можна визначити за виразом

$$M = \sqrt{\frac{\epsilon_x \alpha_p}{2\alpha_0}} \sqrt{1 + \frac{n_{px} \bar{F}_g + n_{px} \bar{F}_{\tau r} + n_{px} \bar{G} + n_{px} \bar{F}_z}{n_{px} \bar{F}_p}}, \quad (9)$$

де  $\epsilon_x$  - коефіцієнт звуження струменя, що враховує умови витікання рідини крізь отвір в залежності від діючих сил;  $\alpha_p$  - коефіцієнт тиску, що враховує відхилення фактичної епюри швидкостей потоку від епюри швидкостей твердого тіла, яке обертається;  $\alpha_0$  - коефіцієнт Буссенюса для перерізів I - I та II - II;  $n_{px} \bar{F}_g$ ,  $n_{px} \bar{F}_{\tau r}$ ,  $n_{px} \bar{G}$ ,  $n_{px} \bar{F}_z$ ,  $n_{px} \bar{F}_p$ , - відповідно проекції динамічної сили, рівнодіючої сил тертя, сили тяжіння, сили поверхневого натягу та рівнодіючої сил тиску на вісь у радіальному напрямку.

Аналогічним чином можна інтерпретувати явище витікання рідини крізь круглі отвори. В цьому випадку область, яку виділено в потоці рідини, має трикутну форму. Враховуючи те, що всі сили залишаються незмінними, залежності (8) та (9) можна використати для опису витікання рідини крізь круглі отвори.

Таким чином, одержані формули дозволяють розрахувати швидкість струменя рідини та її витрати через отвір у полі інерційних сил стосовно умов роботи протиральних машин, але при умові визначення кількісних значень коефіцієнтів швидкості і витрат як функцій параметрів руху рідини в барабані, його розмірів, а також властивостей рідини. Коефіцієнт звуження струменя можна знайти за формулою

$$\epsilon = M / \varphi.$$

У третьому розділі викладено методику досліджень для визначення коефіцієнтів швидкості та витрат, розробили експериментальну установку, схема якої показана на рис. 2.

Установка складається з рами I, на якій установлено робочу ка-

II

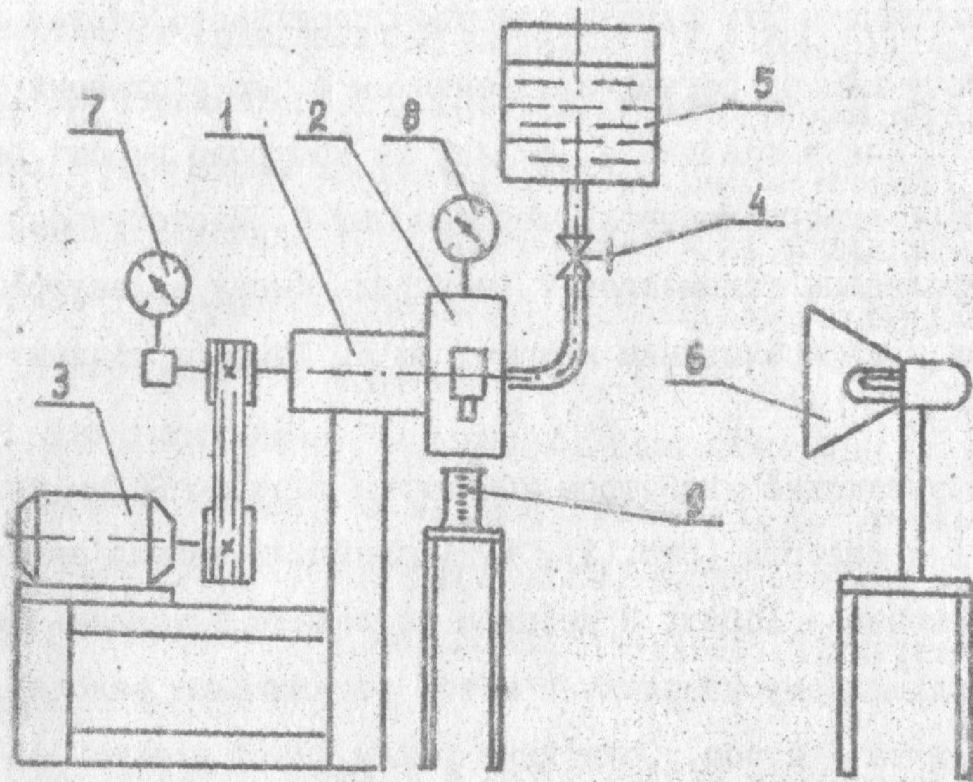


Рис. 2. Схема експериментальної установки.

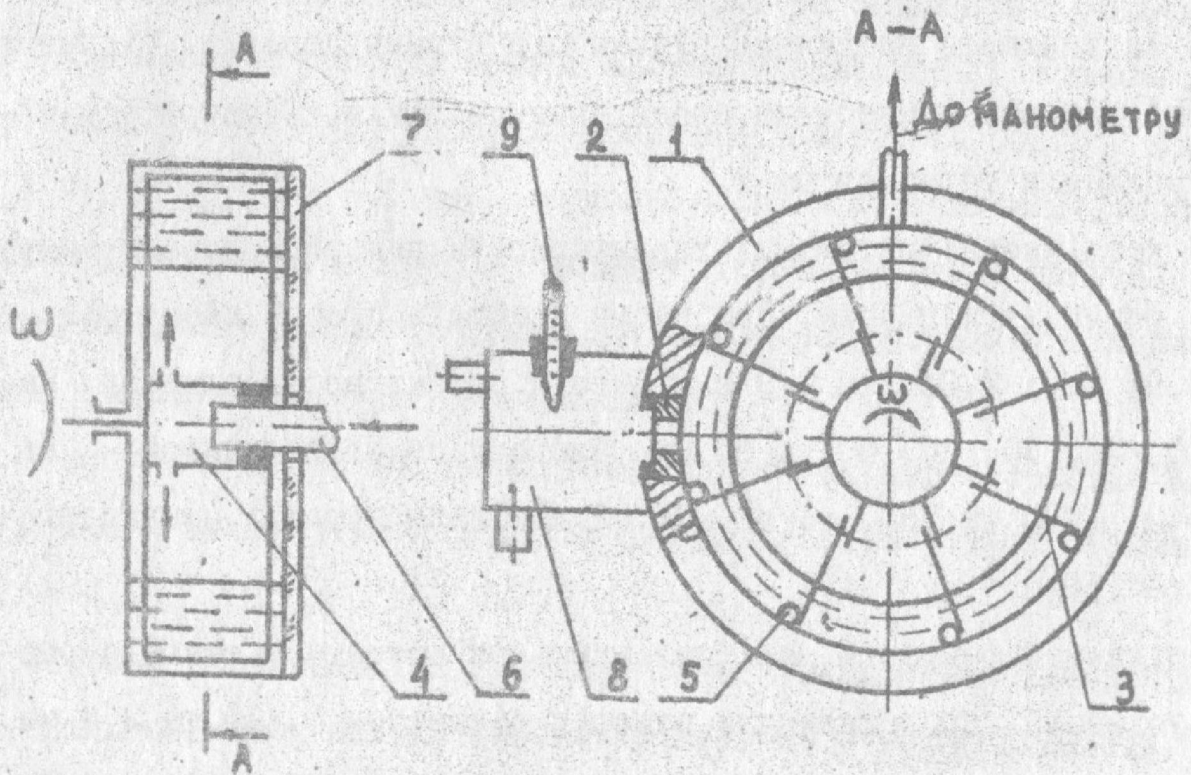


Рис. 3. Робоча камера установки.

меру 2. Лопаті приводили в дію електродвигуном постійного струму 3. Подачу рідин в робочу камеру регулювали вентилям 4, що з'єднаний з живильною емкістю 5. Для візуального нагляду та контролю висоти рідини в робочій камері використовували строболампу 6. Частоту обертання лопатей контролювали тахометром 7, контроль тиску на внутрішній поверхні камери - диференційним манометром 8. Витрати рідини визначали мірником 9.

Робоча камера установки діаметром 200 мм та шириною 60 мм складається з корпусу I з отвором (рис. 3), куди поміщали змінні насадки 2 зі змінними отворами. Лопаті 3 кріпили до вала 4 з можливістю їх переміщення у радіальному напрямку з метою регулювання зазора між кромками лопатей та отвором. Секційний режим течії рідини забезпечували джгутами 5.

Рідину через патрубок 6 подавали до камери через отвори порожнього вала 4. Висоту рідини в камері вимірювали шкалою, що нанесена на поверхню прозорої кришки 7. Збірник 8 з прозорого матеріалу дозволяв здійснювати витікання рідини під рівень поверхні рідини в залежності від вимог методики проведення дослідів. Температуру рідин контролювали термометром 9.

При дослідженні витратних характеристик використовували воду та водні розчини гліцерину. При цьому приймали отвори діаметром 0,415; 0,8; 1,2; 2,05; та 2,9 мм. Висоту потоку встановлювали на рівнях 10, 20, 30, 40, 50 та 60 мм. Частоту обертів лопатей - на рівнях 540, 1080 та 1500 об/хв, що відповідало кутовій швидкості 57, 113 та 157  $\text{с}^{-1}$ .

Дослідження факторів, які впливають на витрати з отворів розлиних суспензій, проводили для отворів діаметром 0,415 та 2,9 мм. Висоту потоку встановлювали на рівнях 20, 30, 40, 50 та 60 мм. Частоту обертів приймали такою, як і для однорідних рідин.

При дослідженні перепускової здатності отвору  $d = 0,415$  мм

використали консервовані напівфабрикати томатів, абрикосів та яблук, що отримані промисловим способом в результаті протирання на ситах з діаметром перфорації 3,0 мм. Вміст м'якоті для томатної суспензії становив 11 %, для яблучної та абрикосової суспензій - 15,2 %. Температура при цьому відповідала режиму, що встановлювався і перебувала в діапазоні 45...52 °С.

При дослідженні перепускної здатності отвору  $d = 2,9$  мм використовували томатну та яблучну суспензії, що отримані в промислових умовах після ножової дробаски. Вміст м'якоті для томатної суспензії становив 13 %, абрикосової - 16 %. Температуру витримували в межах 40...45 °С.

Для кожного випадку з метою оцінки значущості впливу вхідних факторів на пропускну здатність отворів провели дисперсний аналіз залежності коефіцієнтів витрат від виду суспензій, їх висоти в барабані та кількості обертів лопатей.

Дослідження проводили для плівкового та секційного режимів течії суспензії у робочій камері експериментальної установки. В першому випадку зазор між робочими кромками лопатей та отвором становив 4 мм, у другому - 1 мм. Для повного забезпечення відсутності перетікань в зазорі в другому випадку використовували джгути. За основну витратну характеристику при витіканні суспензій використовували коефіцієнт витрат за виразом (13).

В усіх випадках при дослідженні витратних характеристик для однорідних і неоднорідних рідин відносна товщина отвору становила  $s/d = 1,0$ .

Обробку експериментальних даних виконували статистичними методами. Для кожного випадку визначено межі 95 %-ної надійності.

Фактичну швидкість вихідного струменя однорідних рідин визначали за виразом

$$v_{\text{ф}} = l/t, \text{ м/с,} \quad (10)$$

де  $l = 2\pi R/z_1$  - крок між нерегулярностями вихідного струменя при кількості лопатей  $z_1 = 8$  шт.;  $t_1 = 2\pi/z_1 \omega$  - час проходження сусідніх лопатей над отвором.

Коефіцієнт швидкості для однорідних рідин визначали за формулою

$$\varphi = \frac{4l}{\pi \sqrt{R^2 + h(2R-h)}} \quad (11)$$

Крок між нерегулярностями визначали за вихідним струменем у стробоскопічному світлі вимірковальним циркулем. Для візуалізації величини кроку вживали спосіб переривання струменя дугами.

Фактичні витрати рідини через отвори при витіканні однорідної і неоднорідної рідин визначали за формулою

$$Q_{\text{ф}} = W/t, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (12)$$

де  $W$  - об'єм рідини, що одержано в результаті її витікання за час  $t$ .

Коефіцієнт витрат при витіканні однорідних і неоднорідних рідин визначали за формулою

$$m = 12,16 W / d^2 n t \sqrt{h(2R-h)} \quad (13)$$

де  $n$  - частота обертання лопатей, об/хв.

У четвертому розділі наведено результати досліджень витратних характеристик отворів при витіканні однорідних рідин та рослинних суспензій, а також результати експериментальної перевірки застосування рівняння (6) для визначення тиску на внутрішній поверхні барабана.

Для останнього випадку критеріальне рівняння для визначення коефіцієнта тиску має вигляд

$$\Delta p = f(h/R, Re_{\infty}) \quad (14)$$

де  $h/R$  - відносна висота потоку, яку витримували на рівнях  $h/R = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$  та  $0,6$ ;  $Re_{\infty} = \omega R^2/\nu$  - число

Рейнольдса для потоку.

За об'єкт дослідження взяли воду та водні розчини гліцерину, в'язкість котрих змінювали у діапазоні  $\nu = (1 \dots 28,3) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , що відповідало зміні чисел Рейнольдса для потоку в діапазоні  $Re_{\infty} = (2,0 \dots 56,5) \cdot 10^4$  при частоті обертів лопатей 540 об/хв.

Еспериментальна перевірка показала, що відносна висота потоку помітного впливу на коефіцієнт тиску не чинить.

За результатами експериментальних даних одержали емпіричне рівняння для визначення коефіцієнта тиску

$$\Delta p = 1,227 - 0,038 \lg Re_{\infty} \quad (15)$$

На рис. 4 цю залежність представлено в графічній формі.

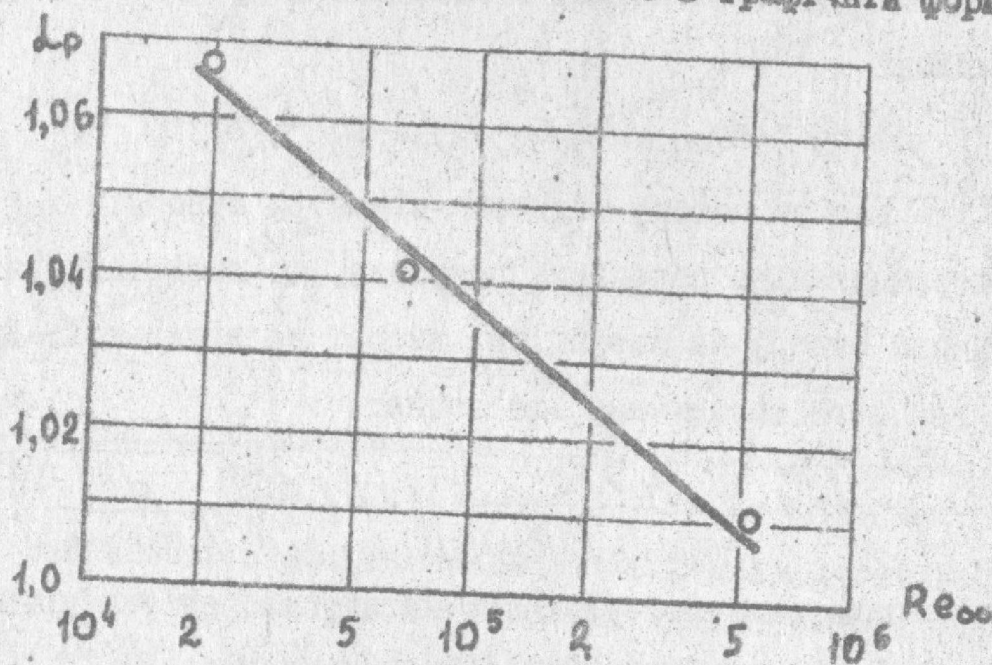


Рис. 4. Залежність коефіцієнта тиску від числа Рейнольдса для потоку.

Близкість коефіцієнта  $\Delta p$  до одиниці свідчить про те, що епора швидкостей рідини майже не відрізняється від епюри швидкостей твердого тіла, що обертається, в межах досліджуваного діапазона. Таким чином, тиск на внутрішній поверхні барабана слід визначити за виразом ( 6 ).

Критеріальне рівняння для визначення коефіцієнта швидкості записали у вигляді

$$\varphi = f(Re_0, We, Fz, h/R, d/R, s/d) ; \quad (16)$$

де  $Re_0 = \omega R d / \nu$  - число Рейнольдса для отвору;  $Fz = \omega^2 R / g$

- число Фруда;  $g$  - прискорення вільного падіння,  $m/s^2$ ;

$We = \omega^2 R^2 d \rho / \beta$  - число Вебера;  $d/R$  - відносний діаметр отвору.

Експериментальна перевірка показала, що сили тяжіння, поверхневого натягу, відносного діаметру отвору та його відносної товщини не чинять помітного впливу на коефіцієнт швидкості.

За результатами експерименту отримали емпіричне рівняння для визначення коефіцієнта швидкості в такому вигляді

$$\varphi = (-0,20 + 0,21 \lg Re_0) \left( \frac{4h}{R} \right)^{0,79} - 0,155 \lg Re_0 \quad (17)$$

Критеріальне рівняння для визначення коефіцієнта витрат записали у вигляді

$$M = f(Re_0, We, Fz, h/d, d/R, s/d) \quad (18)$$

де  $h/d$  - висота потоку відносно діаметра отвору.

Експериментальна перевірка показала, що сили тяжіння та відносна товщина отвору на коефіцієнт витрат не впливають. Емпіричне рівняння для його визначення має вигляд

$$M = M_n \left( 1 + \frac{4,2 R^2}{\varphi^2 We h (2R - h)} \right) \left( 1 + 1,9 \sqrt{\frac{d^2}{h(2R - h)}} \right) \quad (19)$$

і враховує вплив сили поверхневого натягу та радіусу кривизни барабана за певних умов витікання рідини з отворів.

У рівнянні (19)  $M_n$  - зведений коефіцієнт витрат, що одержано для умов, коли сили поверхневого натягу та радіус кривизни барабана не чинять помітного впливу на витрати рідини.

Зведений коефіцієнт витрат визначали за виразом

$$M_n = 0,50 + 0,17 \lg \frac{h}{40d} \quad (20)$$

Графічні зображення згідно з (19) та (20) подано на рис. 5.

Рівняння (17), (19) та (20) справедливі для діапазонів зміни

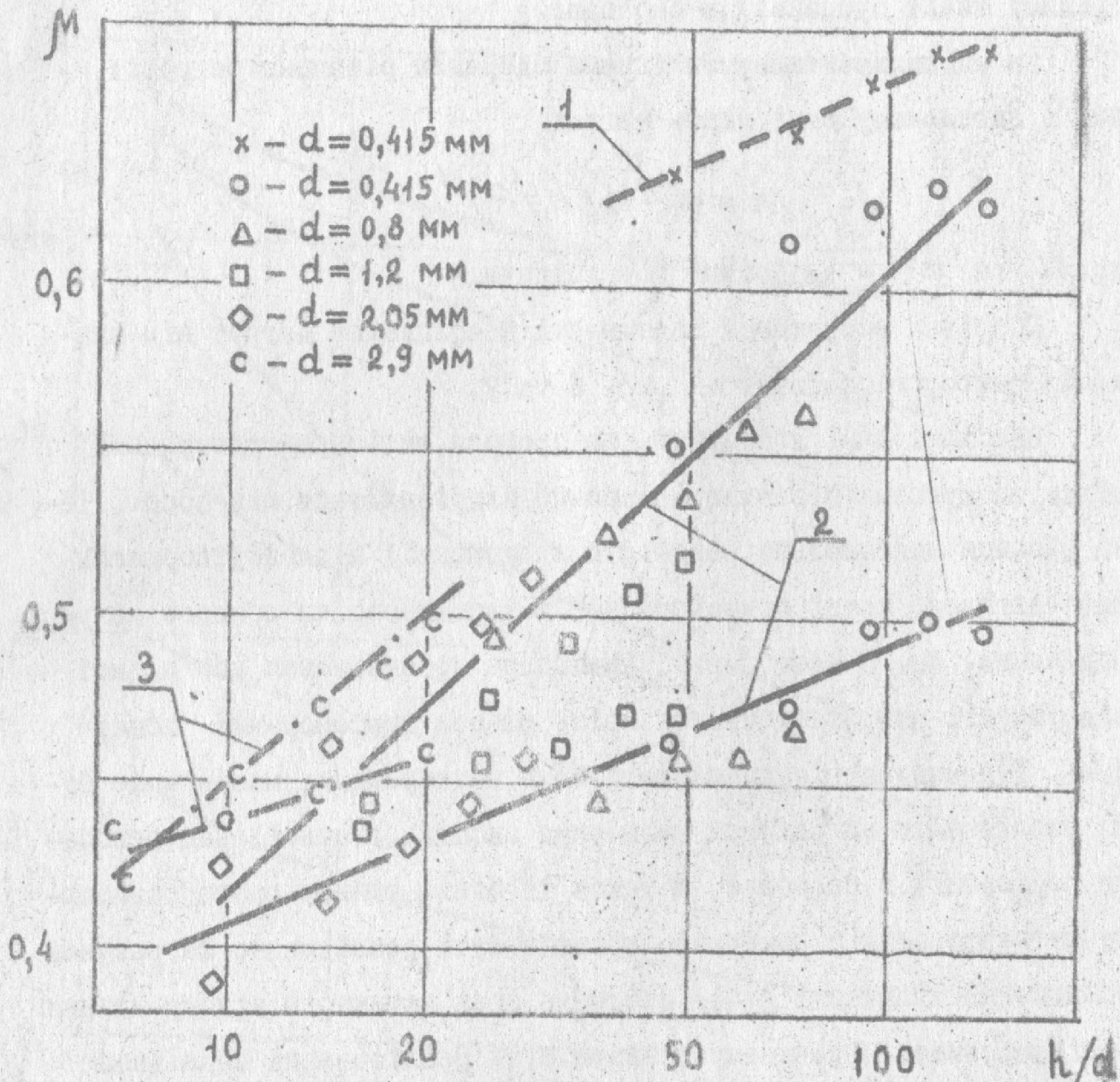


Рис. 5. Залежність коефіцієнта витрат від відношення висоти истоку до діаметру отворів в діапазоні чисел Рейнольдса для отвору  $Re_0 = 70 \dots 50000$  при витіканні однорідних рідин.

1 - коефіцієнт витрат з урахуванням сил поверхневого натягу;  
 2 - зведений коефіцієнт витрат; 3 - коефіцієнт витрат з урахуванням радіуса кривизни барабана.

параметрів:  $Re_0 = 70 \dots 50000$ ;  $Fz = 33 \dots 250$ ;  $We = 180 \dots 9500$ ;

$Re_\infty = (2 \dots 157) \cdot 10^4$ ;  $h/R = 0,1 \dots 0,6$ ;  $h/d = 7 \dots 145$ ;

$d/R = (0,3 \dots 4) \cdot 10^{-3}$ ;  $s/d = 0,5 \dots 1,0$ .

За основу оцінки при дослідженні витрат з отворів рослинних суспензій приймали коефіцієнт витрат в залежності від їх виду, відносної висоти, кутової швидкості лопатей, діаметрів отворів та

режиму течії суспензії в барабані.

За експериментальними даними одержали рівняння регресії, які в загальному виді мають вигляд

$$M = a + b(k/R)^{-1},$$

де  $a$  та  $b$  - емпіричні коефіцієнти.

Графічні зображення залежності коефіцієнта витрат від вказаних факторів показані на рис. 6 та 7.

Одержані дані показують, що процеси витікання однорідних рідин та суспензій з отворів значно відрізняються між собою. Така різниця пояснюється наявністю в суспензії відходоутворювальних частинок, котрі приводять до їх часткового чи повного закупорювання, що, в свою чергу, приводить до зменшення або повної відсутності витрат суспензії крізь отвори перфорованих поверхонь. Підвищення ефективності роботи протиральних машин може бути реалізовано за рахунок зменшення висоти суспензії над отворами перфорації в барабані, а також її більш рівномірного розподілу по перфорованій поверхні, що може бути реалізовано за рахунок збільшення кількості бичів стосовно зони активного відокремлення напівфабриката. При цьому повинен бути реалізований секційний режим течії суспензії.

Витрати суспензії крізь отвори перфорованих поверхонь можна розрахувати за виразом ( 8 ).

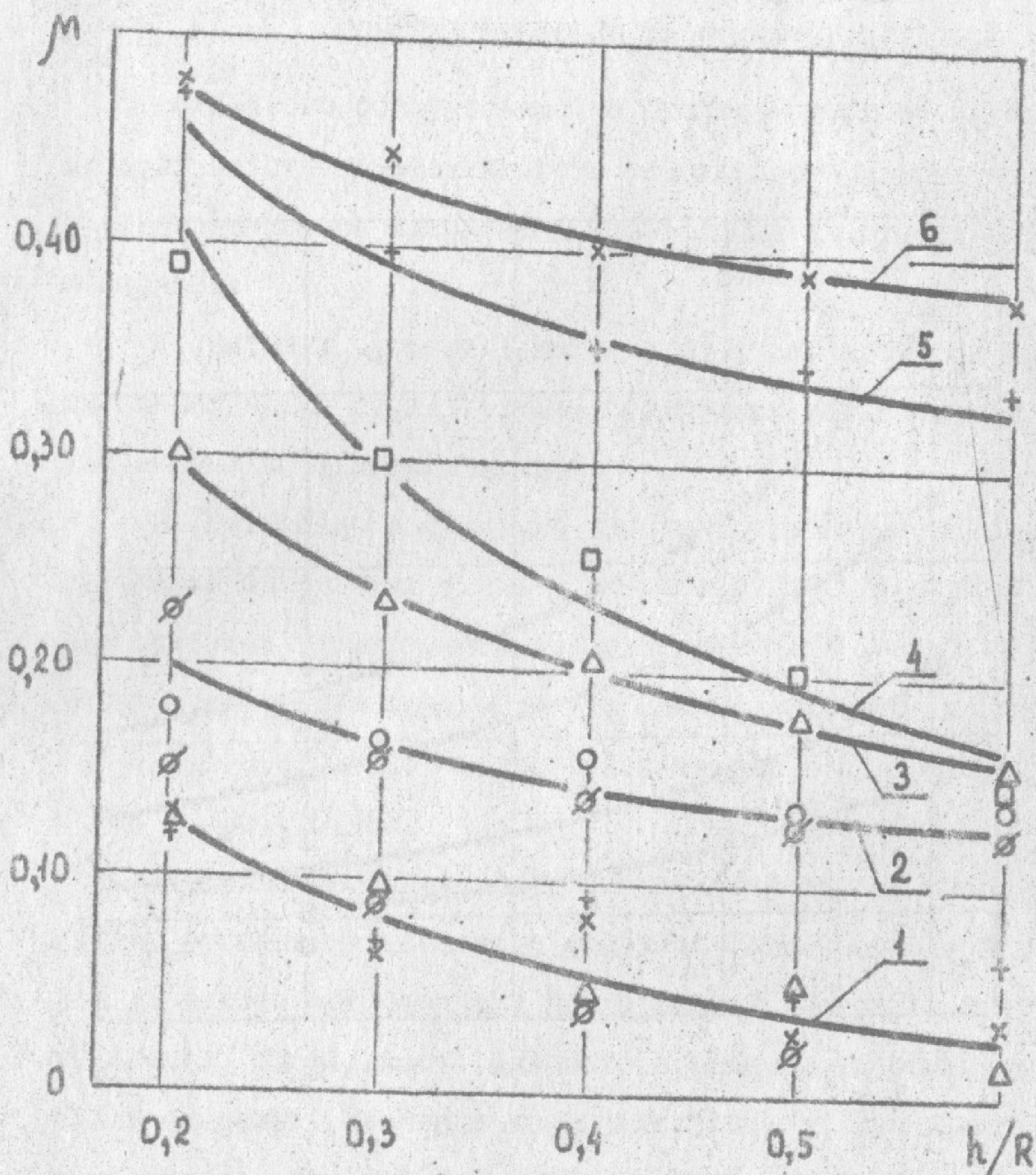


Рис. 6. Залежність коефіцієнта витрат від відносності висоти суспензії, її виду, кутової швидкості лопатей, їх кількості та режиму течії при витіканні з отвору  $d = 0,415$  мм. Суспензії: x - томатна,  $\omega = 157 \text{ c}^{-1}$ ; + - томатна,  $\omega = 113 \text{ c}^{-1}$ ;  $\square$  - абрикосова,  $\omega = 113 \text{ c}^{-1}$ ;  $\Delta$  - абрикосова,  $\omega = 157 \text{ c}^{-1}$ ; o - яблучна,  $\omega = 113 \text{ c}^{-1}$ ;  $\phi$  - яблучна,  $\omega = 157 \text{ c}^{-1}$ ; 1 - плівковий режим,  $\omega = 157 \text{ c}^{-1}$ ; 2, 3, 4, 5, 6 - секційний режим. Кількість лопатей: 1, 2, 3, 4 -  $Z_{\Lambda} = 4$  шт; 5, 6 -  $Z_{\Lambda} = 8$  шт.

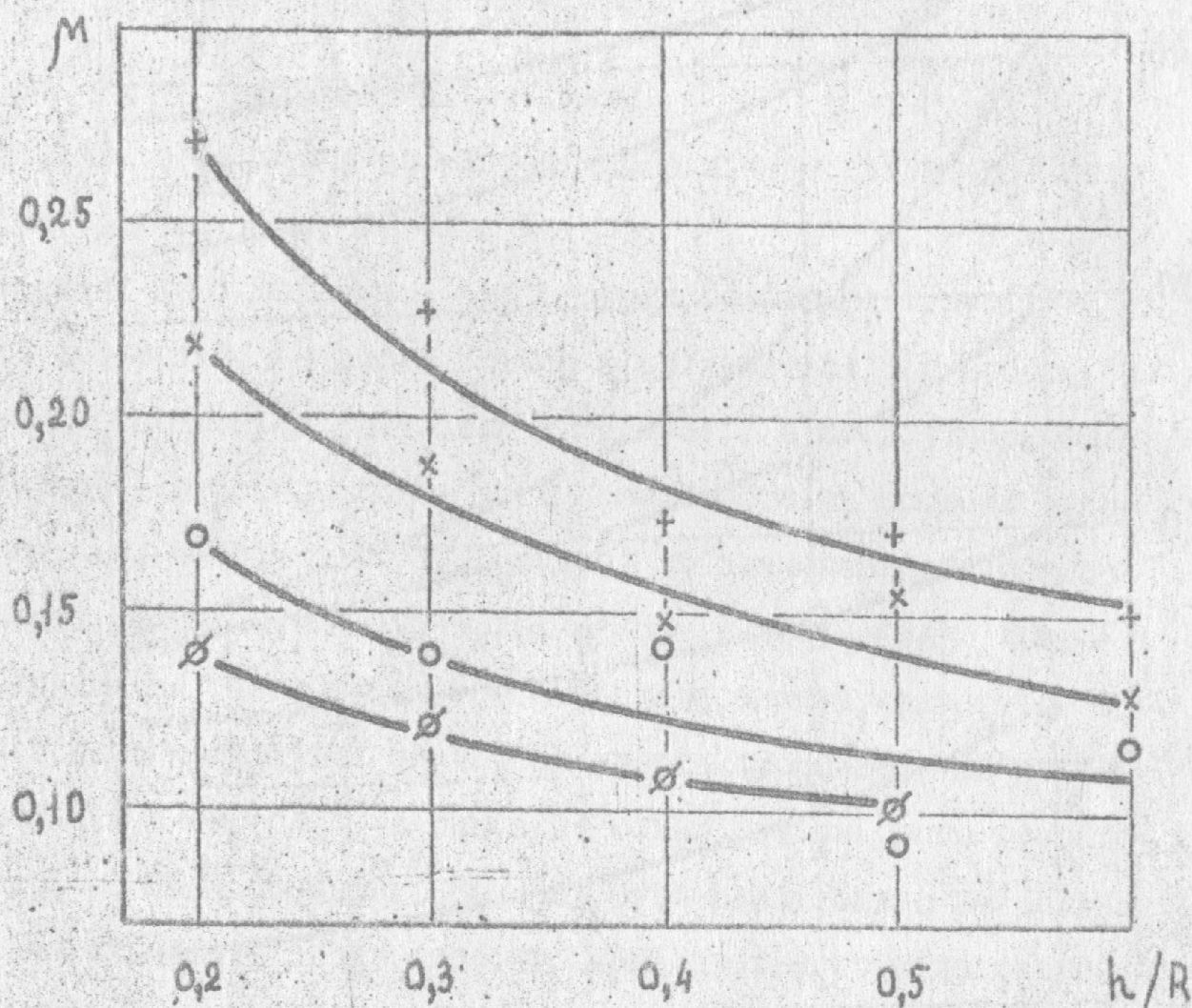


Рис. 7. Залежність коефіцієнта витрат від відносної висоти суспензії, її виду, кутової швидкості лопатей при витіканні із отвору  $d = 2,9$  мм. Режим течії суспензії - секційний. Кількість лопатей -  $Z_A = 4$  шт. Суспензії: + - томатна,  $\omega = 113 \text{ с}^{-1}$ ; x - томатна,  $\omega = 157 \text{ с}^{-1}$ ; o - яблучна,  $\omega = 113 \text{ с}^{-1}$ ;  $\phi$  - яблучна,  $\omega = 157 \text{ с}^{-1}$ .

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Науково обгрунтовано та експериментально підтверджено, що продуктивність та ефективність роботи протиральних машин в значній мірі визначаються витратами суспензії крізь отвори перфорованих поверхонь.

2. Витрати суспензії крізь отвори перфорованих поверхонь протиральних машин поряд з іншими факторами визначаються кількісними значеннями коефіцієнта витрат.

3. Визначено залежність коефіцієнтів швидкості та витрат при витіканні однорідних рідин в залежності від їх в'язкості, висоти над отворами перфорованої поверхні, кутової швидкості бичів. Значення коефіцієнта швидкості при цьому змінюється в діапазоні

$$\varphi = 0,118 \dots 0,830; \text{ коефіцієнта витрат - в діапазоні}$$

$$M = 0,330 \dots 0,683.$$

4. Визначено залежність коефіцієнта витрат при витіканні різних суспензій (томатної, яблучної, абрикосової) в залежності від їх висоти над отворами перфорованої поверхні, кутової швидкості бичів, їх кількості, діаметрів отворів та режиму течії суспензій в барабані. Значення коефіцієнта витрат при цьому змінюється в діапазоні  $M = 0,028 \dots 0,474$ .

5. Зменшення витрат суспензії в порівнянні з однорідною рідиною пов'язано з наявністю в суспензії відходоутворювальних частинок, які приводять до часткового чи повного закупорювання отворів.

6. При витіканні однорідних рідин із зменшенням діаметрів отворів значення коефіцієнта витрат збільшується; при витіканні суспензій його залежність від діаметрів отворів незначна.

7. Продуктивність протиральних машин залежить від виду плодово-овочевої сировини в зв'язку із структурно-механічними властивостями відходоутворювальних частинок, які закупорюють отвори перфоро-

ваної поверхні.

8. Запропоновані основні напрямки підвищення ефективності роботи протиральних машин за рахунок видержування середньої відносної висоти суспензії на рівні  $h/R = 0,2$ , а також її більш рівномірного розподілу по перфорованій поверхні, що може бути реалізовано за рахунок збільшення кількості бичів (8 шт.) стосовно зони активного відокремлення напівфабрикатів. В свою чергу збільшення кількості бичів приводить до підвищення продуктивності протиральних машин за рахунок більш інтенсивного очищення отворів від відходоутворювальних частинок.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах

1. Кепин Н.И., Кириллов А.П. Пропускная способность отверстий перфорации рабочих сит протирочных машин и финишеров //Машины, агрегаты, процессы и аппараты пищевой технологии. - Л.:ЛТИХП, 1990. - С.69-74.

2. Кепин Н.И. Исследование коэффициента расхода при истечении жидкости из малых отверстий в поле центробежных сил. - Краснодар, 1988. - 15 с.: ил. - Библиогр. 9 назв. - Рус. - Деп. в АгрНИИТЭИ Пищепром 8 февр. 1989 г., № 2016-щ. Реф.: Изв. вузов. Пищ.технология. - 1989. - № 3. - С.98.

3. Кепин Н.И. Исследование параметров, влияющих на пропускную способность малых отверстий в поле центробежных сил. - Краснодар, 1988. - 16 с.: ил. - Библиогр. 4 назв. - Рус. - Деп. в АгрНИИТЭИПищепром 8 февр. 1989 г.; № 2019-щ. Реф.: Изв. вузов. Пищ. технология. - 1989. - № 3. - С. 61.

4. Гладушняк О.К., Гуртовой М.В., Кепин М.І. Універсальна протиральна машина //Дарч. пром-сть. - 1995. - № 5. - С. 8.

5. А.с. 1722409 (СССР) Протирочная машина /Н.В.Гуртовой, А.К.Гладушняк, Н.И.Кепин. - Заяв. 26.02.90, № 4795821/13. - Опубл. в Б.И., 1982, № 12.

6. Кепин Н.И., Гуртовой Н.В. Расходные характеристики малых отверстий в поле центробежных сил //Тез. докл. 51-й науч. конф. ОТИШ. - Одесса, 1991. - С.13.
7. Кепин Н.И., Гуртовой Н.В. Пропускная способность отверстий перфорированных сит протирочных машин и финишеров // Тез. докл. 52-й юбилейной науч. конф. ОТИШ.-Одесса, 1992.- С.108.
8. Гуртовой Н.В., Гладушняк А.К., Кепин Н.И. Давление вращающейся в цилиндрическом барабане жидкости //Тез. докл. 54-й науч. конф. ОТИШ. - Одесса, 1994. - С. 6.
9. Гуртовой Н.В., Гладушняк А.К., Кепин Н.И. Истечение суспензии через очищаемую перфорированную поверхность //Тез. докл. 54-й науч. конф. ОТИШ. - Одесса, 1994. - С. 7.
10. Кепин Н.И., Гуртовой Н.В., Гладушняк А.К. Пропускная способность отверстий перфорированных сит протирочных машин и финишеров //Тез. докл. 54-й науч. конф. ОТИШ. - Одесса, 1994.- С.9.
11. Кепин Н.И., Гуртовой Н.В., Гладушняк А.К. Эффективность разделения растительных суспензий методом протирания //Тез. докл. 55-й науч. конф. ОГАПТ. Часть I. - Одесса, 1996. - С.136.
12. Гуртовой Н.В., Кепин Н.И., Гладушняк А.К. Скорость истечения жидкости через отверстия перфорации протирочных машин //Тез. докл. 55-й науч. конф. ОГАПТ. Часть I. - Одесса, 1995.- С. 139. -
13. Гуртовой Н.В., Кепин Н.И., Гладушняк А.К. Расход жидкости через отверстия перфорации протирочных машин //Тез. докл. 55-й науч. конф. ОГАПТ. Часть I. - Одесса, 1995. - С. 153.
14. Кепин Н.И., Гуртовой Н.В., Гладушняк А.К. Перспективы увеличения надежности работы протирочных машин //Тез. докл. 56-й науч. конф. ОГАПТ. Часть I. - Одесса, 1996. - С. 121.

## АННОТАЦИЯ

Кепин Н.И. Научное обоснование увеличения эффективности работы протирочных машин.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств. Одесская государственная академия пищевых технологий. Одесса, 1996.

Защищается 13 научных работ и одно авторское свидетельство, которые содержат результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса истечения однородных жидкостей и растительных суспензий некоторых видов плодовоовощного сырья из отверстий перфорированных поверхностей применительно к условиям работы протирочных машин.

## ANNOTATION

KePIN N.I. Scientific substantiation of effectiveness increasing of rub machines work.

The dissertation claims on scientific degree as a candidate of technical sciences on speciality number 05.18.12 – processes and apparatuses of food production. Odessa State Academy of food technologies. Odessa, 1996.

Thirteen scientific works and one autor's certificate are being prepared for defence and include the results of theoretical and experimental investigations of process of outflow homogeneous liquids and vegetable suspensions of some kinds fruit and vegetable stuff from perforative surface's outlets conformably to conditions of rub machines work.

Ключові слова: рідина, суспензія, отвір, витікання.