Міністерство аграрної політики України
Таврійський державний агротехнологічний університет

ПРАЦІ Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 10
Том 3

м. Мелітополь

Міністерство аграрної політики України

ПРАЦІ
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 10 Том 3

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2010 р.

УДК 621.311:631
П3.8
Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет – Вип.10. Т. 3 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.– 234 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 7 від 02 лютого 2010 р.

У випуску наукових праць друкуються матеріали за результатами досліджень вчених України в галузі механізації сільського господарства, переробки сільськогосподарської продукції, енергетики та автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:
Кюрчев В.М. – к.т.н., професор, ректор ТДАТУ (головний редактор); Надикто В.Т. – д.т.н., професор (заст. головного редактора); Діордієв В.Т. – к.т.н., професор, (відповідальний секретар); Дідур В.А. – д.т.н., професор; Кушнарьов А.С. – чл.-кор. УААН, д.т.н., професор; Найдиш А.В. – д.т.н., професор; Овчаров В.В. – д.т.н., професор; Панченко А.І. – д.т.н., професор; Яковлєв В.Ф. – к.т.н., професор; Рогач Ю.П. - к.т.н., професор; Скляр О.Г. – к.т.н., доцент; ТарасенкоВ.В. – д.т.н., професор; Ялпачик Ф.Ю. – к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск – к.т.н., доцент Ялпачик Ф.Ю.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.,
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний агротехнологічний університет, 2010.

УДК 621.694.3

МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ УСТАНОВОК З ГІДРОСТРУМИННИМИ І ЛОПАТЕВИМИ НАСОСАМИ

Ломейко О.П., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет
Кулінченко В.Р., д.т.н.,
Деменюк О.М., к.т.н.
Національний університет харчових технологій

Анотація **– в роботі розглядаються методики інженерних розрахунків і конструювання установок з гідроструминними і лопатевими насосами насосів, які дозволяють поліпшити технологічні показники як відцентрових так і струминних насосів**

Ключові слова **– установки, гідроструминні насоси, лопатеві насоси, схеми, ККД, напір, подача, тиск.**

Постановка проблеми. За більш ніж стоп'ятидесятирічний період, який минув з часу створення струминних апаратів, досягнуто значного прогресу як в області удосконалення конструкцій апаратів, так і в розробці методів їх розрахунку. Конструктивне удосконалення апаратів дозволило за цей період їх коефіцієнт корисної дії (ККД) збільшити з 5...8% до 30...40%. Названі значення співрозмірні з ККД вихрових і деяких типів відцентрових насосів.

Особливу зацікавленість у зв'язку з необхідністю підвищення ефективності і інтенсифікації різних галузей господарської діяльності представляють універсальні автономні швидкопереналагоджувальні установки, в яких гідро струминні апарати використовуються разом з лопатевими насосами. Такі установки дозволяють суттєво розширити функціональні можливості серійного насосного обладнання. На основі сумісного застосування лопатевих і гідро струминних насосів можна збільшити у декілька разів напір чи подачу, допустиму вакуумметричну висоту всмоктування лопатевих насосів, перекачувати цими насосами гідросуміші і гази, створювати вакуум чи отримувати стисле повітря, здійснювати змішування рідких, твердих і газоподібних середовищ і різні інші операції. З іншого боку, створення перелічених установок дозволяє досягти більших значень ККД у порівнянні з ККД окремо діючого струминного насоса.

©Ломейко О.П. к.т.н., Кулінченко В.Р. д.т.н., Демен юк О.М. к.т.н.

Аналіз останніх досягнень. Дослідженню і розрахунку гідроструминних апаратів на теренах СНД присвячено ряд основоположних робіт. Матеріали цих досліджень були опубліковані понад 20 років тому. За останній час щорічно публікуються десяти статей і винаходів по струминним апаратам. Ці публікації не вичерпують розглядуваної у книзі проблеми, а тільки підкреслюють необхідність її подальшої розробки. Можна з певністю сказати, що в науково-технічній літературі питання проектування, розрахунку і експлуатації багатофункціональних установок з гідроструминними і лопатевими насосами не отримали належного висвітлення.

Постановка завдання. Виходячи з цього, основною задачею статті є виклад інженерних методів розрахунку і конструювання названих установок. Приведені у книзі графіки показують характеристики і область оптимального застосування окремих установок, а також викликані полегшити їх розрахунок.

Основна частина. Параметри установок з гідроструминними і лопатевими насосами залежать від гідравлічних характеристик. Гідравлічні характеристики насосів, а також з'єднувальних їх трубопроводів і інших конструктивних елементів гідросистем описуються нелінійними рівняннями. Розв'язок системи рівнянь, які описують гідравлічні характеристики, можна отримати чисельними методами з використанням персональних комп'ютерів. Розв'язок суттєво ускладнюється необхідністю урахування можливості виникнення кавітації у гідроструминних насосах. Це вимагає під час рішення замість рівнянь нормальних гідравлічних характеристик струминних насосів використати їх окремі кавітаційні характеристики. Для спрощення розрахунків установок можна використати нормальні і окремі гідравлічні характеристики гідроструминних насосів. Можна показати, що схеми установок, наведені на рис. 3,*б,г*, є загальним випадком циркуляційних установок з гідроструминними і лопатевими насосами. Дійсно, приймаючи на рис. 3,*б,г* $H_2 = 0$, отримаємо схеми установок, зображених на рис. 3,*а,в*. Для аналізу параметрів названих установок нанесемо на їх схеми розподіл тисків і витрат рідини (рис. 1).

Для спрощення аналізу на першому етапі розрахунку можна не враховувати втрати напору в елементах з'єднання установок. За конкретних умов можна так вибрати розміри трубопроводів (діаметри), що гідравлічні опори будуть на багато меншими тиску, створю-ваного відцентровим насосом і установкою. У необхідних випадках гідравлічні опори можна врахувати на кінцевих етапах розрахунку.

Розглянемо розподіл тисків і витрат в елементах установок, наведених на рис. 1.

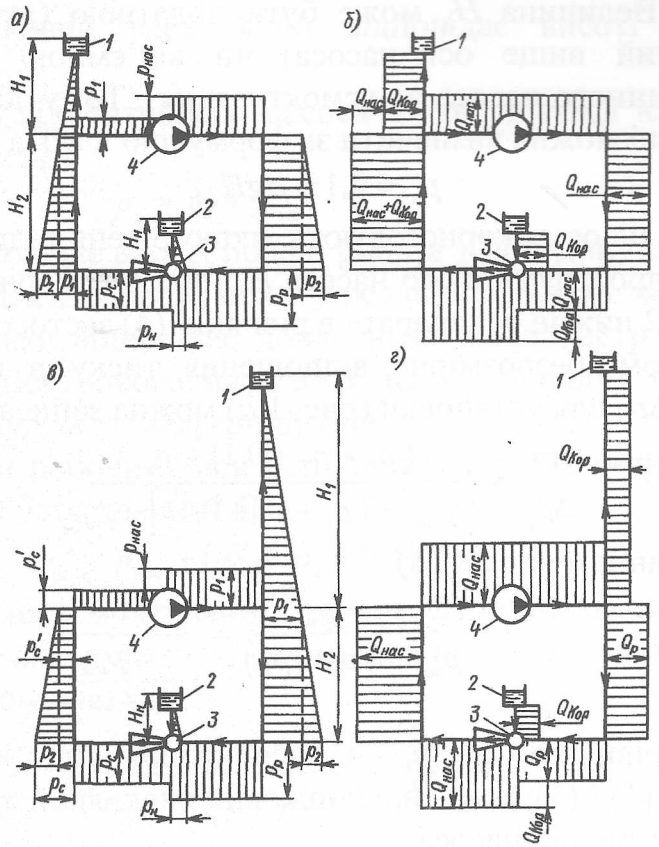

Рис. 1. Розподіл тисків і витрат рідини в установках з гідроструминними і лопатевими насосами: а, б – за умови відбору рідини після струминного насоса; в, г – за умови відбору рідини до струминного насоса; 1 – посудина споживача рідини; 2 – приймальний бак установки; 3 – гідроструминний насос; 4 – відцентровий насос

В установці з відбором корисних витрат рідини $Q_{кор}$ після гідроструминного насоса (рис. 1,*а*) цей насос створює на виході надлишковий тиск, рівний сумі тисків $p_1 = \rho g H_1$ і $p_2 = \rho g H_2$. Абсолютний тиск на виході з гідроструминного насоса в МПа становить:

$$p_c = p_1 + p_2 + 0{,}1. \qquad (1)$$

На вході до відцентрового насоса надлишковий тиск $p_1 = \rho g H_1$. На виході з цього насоса надлишковий тиск становить $p_1 + p_{нас}$, де $p_{нас}$ – надлишковий тиск, створюваний насосом. Абсолютний тиск біля робочого сопла гідроструминного насоса можна визначити за формулою в МПа:

$$p_р = p_{нас} + \left(p_1 + p_2 + 0{,}1\right), \qquad (2)$$

чи з урахуванням виразу (1)

$$p_р = p_{нас} + p_c. \qquad (3)$$

Тиск на всмоктувані гідроструминного насоса визначається рівнем розташування рідини відносно осі струминного апарата $H_н$

(рис. 1,*а*). Величина $H_н$ може бути додатною (якщо рівень рідини розташований вище осі насоса) чи від'ємною (під час роботи гідроструминного насоса на всмоктування). Тому абсолютний тиск на всмоктуванні можна визначити за формулою в МПа

$$p_н = 0{,}1 \pm \rho g H_н, \tag{4}$$

в якій знак плюс використовують, якщо рівень рідини розташований вище осі гідроструминного насоса $H_н$; при розташуванні рівня рідини у посудині 2 нижче осі апарата в рівнянні (4) застосовують знак мінус. Таким чином, безрозмірне відношення тиску в гідроструминному насосі $\Delta p_c/\Delta p_p$ для установки (рис. 1,*а*) можна записати так:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{(p_1 + p_2 + 0{,}1) + p_н}{\left[p_{нас} + (p_1 + p_2 + 0{,}1)\right] - p_н}, \tag{5}$$

чи з урахуванням виразу (1)

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{p_c - p_н}{p_{нас} + (p_c - p_н)} = \frac{1}{1 + \dfrac{p_{нас}}{p_c - p_н}}. \tag{6}$$

У цьому рівнянні p_c, $p_н$ – абсолютний тиск, розрахований за формулами (1) і (4); $p_{нас}$ – надлишковий тиск, який визначається за p – Q характеристикою насоса.

На рис. 1,*б* наведено розподіл витрат рідини в елементах установки з відбором корисних витрат рідини після струминного насоса. Відцентровий насос 4 подає витрати $Q_{нас}$ до робочого сопла гідроструминного насоса 3, який підсмоктує корисні витрати

$$Q_{кор} = uQ_{нас}. \tag{7}$$

Сумарні витрати $Q_{нас}$ + $Q_{кор}$ перед насосом 4 діляться: корисні витрати $Q_{кор}$ надходять до посудини споживача 1, а витрати $Q_{нас}$ повертаються на циркуляцію до насоса 4. При цьому вважаємо, що елементи установки проектуються у даному випадку, виходячи з умови досягнення максимального ККД, при цьому в установці не здійснюється дроселювання потоків і зменшення напорів. Тому висота розташування посудини 1 однакова при кожному значенні корисної подачі $Q_{кор}$, що відповідає корисному напору установки H_1.

З виразу (7) виходить, що при коефіцієнті підсмоктування $u > 1$ корисні витрати $Q_{кор}$ перевищують подачу насоса $Q_{нас}$.

Розглянемо розподіл тисків і витрат в установці з відбором корисних витрат перед робочим соплом гідроструминного насоса (рис. 1,*в,г*). Абсолютний тиск на виході з гідроструминного насоса 3 у даному випадку (рис. 1,*в*) можна розрахувати за формулою в МПа

$$p_c = p_2 + p'_c + 0{,}1, \tag{8}$$

де p'_c – надлишковий тиск (підпір) на всмоктуванні відцентрового насоса;

p_2 – надлишковий тиск, який відповідає висоті подачі H_2; $p_2 = \rho g H_2$.

На виході з відцентрового насоса 4 створюється надлишковий тиск, який становить

$$p_1 = p'_c + p_{нас}. \qquad (9)$$

Тиск p_1 відповідає висоті подачі рідини у посудину споживача 1, тобто $p_1 = \rho g H_1$. Величина p'_c може у реальних умовах зменшуватися аж до значення, яке відповідає допустимій вакуумметричній висоті всмоктування відцентрового насоса. У цьому випадку величина p'_c може стати меншою за атмосферний тиск.

Абсолютний робочий тиск біля сопла гідроструминного насоса для розглядуваної установки в МПа

$$p_p = p_{нас} + \left(p'_c + p_2 + 0{,}1\right), \qquad (10)$$ а

абсолютний тиск на всмоктуванні гідроструминного насоса для цієї ж установки можна вирахувати за формулою (4). Тоді значення $\Delta p_c/\Delta p_p$ записується у такому вигляді:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{\left(p_2 + p'_c + 0{,}1\right) - p_н}{\left[p_{нас} + \left(p_2 + p'_c + 0{,}1\right)\right] - p_н}. \qquad (11)$$

Ураховуючи, що за формулою (8) $p_c = p_2 + p'_c + 0{,}1$, то вираз (11) можна записати так:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{p_c - p_н}{p_{нас} + \left(p_c - p_н\right)} = \frac{1}{1 + \dfrac{p_{нас}}{p_c - p_н}}. \qquad (6,а)$$

Ця формула за зовнішніми ознаками повністю відповідає виразу (6), отриманому для установки згідно рис. 1. ,*а*. Але необхідно пам'ятати, що величина p_c у формулі (6) визначається виразом (1), а в (6,*а*) – виразом (8).

Розподіл витрат в установці згідно рис. 1,*г* також має свої особливості. Подача насоса $Q_{нас}$ не повністю потрапляє у робоче сопло гідроструминного насоса, як це відбувається в установці на рис. 1,*б*, а ділиться на два потоки: частина витрат $Q_{кор}$ надходить у бак 1, а інша частина Q_p подається у робоче сопло. У даному випадку корисні витрати установки становлять

$$Q_{кор} = uQ_p. \qquad (12)$$

Ураховуючи, що $Q_{нас} = Q_p - Q_{кор}$, то можна записати:

$$Q_{нас} = Q_p - uQ_p = (1+u)Q_p. \qquad (13)$$

Віднесемо корисні витрати $Q_{кор}$ [формула (12)] до витрат насоса $Q_{нас}$ [формула (13)], матимемо:

$$\frac{Q_{кор}}{Q_{нас}} = \frac{uQ_p}{(1+u)Q_p} = \frac{u}{1+u}. \qquad (14)$$ З

виразу (14) видно, що відношення $Q_{кор}$ / $Q_{нас}$ для розглядуваної

установки (рис. 1,*г*) при любих значеннях коефіцієнта підсмоктування *и* буде меншим за одиницю. Це значить, що корисна подача завжди менша подачі насоса.

Зауважимо також, що для обох установок (рис. 1,*а,в*) вираз для корисного напору $H_{кор}$ можна записати у вигляді залежності

$$H_{кор} = H_1 + H_2 - H_н. \quad (15)$$

Але складові H_1 цього виразу різні. Надлишковий повний тиск для установки згідно рис. 1,*а*, становить:

$$p_{кор} = (p_1 + p_2 + 0{,}1) - p_н = p_c - p_н, \quad (16)$$

а для установки згідно рис.1,*в*, буде:

$$p_{кор} = p_{нас} + [(p'_c + p_2 + 0{,}1) - p_н] = p_{нас} + (p_c - p_н). \quad (17)$$

Віднесемо величину $p_{кор}$ у формулах (16) і (17) до надлишкового тиску, створюваного насосом, з урахуванням виразів (1) і (8), отримаємо:

для установки згідно рис.1,*а*

$$\frac{p_{кор}}{p_{нас}} = \frac{p_c - p_н}{p_{нас}}; \quad (18)$$

для установки згідно рис.1,*в*

$$\frac{p_{кор}}{p_{нас}} = 1 + \frac{p_c - p_н}{p_{нас}}. \quad (19)$$

З розгляду виразів (18) і (19) видно, що відносний тиск $p_{кор} / p_{нас}$ для установки (рис. 1,*в*) на одиницю більший відносного тиску для установки згідно рис. 1,*а*. Це обумовлено тим, що у схемі на рис. 1,*в* корисно використовується тиск, створюваний відцентровим насосом. У той же час в установці з відбором корисної витрати до відцентрового насоса, його тиск безпосередньо у зовнішній мережі корисно не використовується.

Таким чином, збільшення корисної подачі в установці згідно рис. 1,*а* у порівнянні з подачею насоса 4 досягається за рахунок зменшення корисного напору. Збільшення корисного напору в установці згідно рис. 1,*в* отримано за рахунок зменшення корисної подачі установки у порівнянні з подачею відцентрового насоса.

Виконаємо більш детальний аналіз показників роботи установок наведених на рис. 1. Одночасно покажемо загальну методику розрахунку циркуляційних установок з гідроструминними і лопатевими насосами з використанням нормальних гідравлічних характеристик струминних насосів і їх окремих кавітаційних характеристик. Для цього розрахуємо показники роботи установок, які відповідають режиму роботи гідроструминних насосів з максимальним значенням ККД.

Вираз для ККД установок можна записати у такому вигляді:

$$\eta_{уст} = \frac{N_{кор}}{N_{нас}} \eta_{нас}, \qquad (20)$$

де $N_{кор}$, $N_{нас}$ – відповідно корисна потужність установки і відцентрового насоса;

$\eta_{нас}$ – ККД відцентрового насосного агрегату.

Вираз (20) представимо у наступному виді

$$\eta_{уст} = \frac{\rho g H_{кор} Q_{кор}}{\rho g H_{нас} Q_{нас}} \eta_{нас} = \frac{p_{кор} Q_{кор}}{p_{нас} Q_{нас}} \eta_{нас} = \eta_г \eta_{нас}. \qquad (21)$$

У цій формулі $\eta_г$ – коефіцієнт зменшення ККД установки, яка працює з корисною подачею $Q_{кор}$ і корисним тиском $p_{кор}$, у порівнянні з ККД відцентрового насоса агрегату, який працює з подачею $Q_{нас}$ і тиску $p_{нас}$. Назвемо величину $\eta_г$ ККД гідравлічної частини схеми чи просто гідравлічним ККД установки.

Таким чином гідравлічний ККД установки становить:

$$\eta_г = \frac{Q_{кор}}{Q_{нас}} \frac{p_{кор}}{p_{нас}}, \qquad (22)$$

де $Q_{кор}$ /$Q_{нас}$ – величина, яка визначається за формулою (7) для установки, виконаної за схемою рис. 1,*б*, і за формулою (14) для установки, наведеній на рис. 1,*г*;

$p_{кор}/p_{нас}$ – відношення, розраховане за формулою (18) для установки виконаної за схемою рис. 1,*а*, і за формулою (19) для установки, наведеній на рис. 1,*в*.

Для забезпечення нормальної роботи установок необхідно, щоб гідроструминний насос працював у режимі, який відповідає максимальному ККД. Такій умові на його характеристиці відповідають точки, що лежать на лінії оптимальних режимів. Ця лінія пересікає криві u = const у точках, які відповідають певним значенням Δp_c /Δp_p і $d_г/d_c$. Кожна точка перетину кривої оптимальних режимів з кривою u у координатному полі Δp_c /Δp_p – $d_г/d_c$ відповідає такому значенню коефіцієнта подачі u, за якого забезпечується максимальний ККД гідроструминного насоса, який має задані значення Δp_c /Δp_p і $d_г/d_c$.

З урахуванням сказаного загальну методику розрахунку оптимальних параметрів ($Q_{кор}$ /$Q_{нас}$, $p_{кор}/p_{нас}$ і $\eta_г$) установок з гідроструминними і лопатевими насосами можна подати у наступному вигляді.

1. Задаємося значеннями коефіцієнта підсмоктування u і за робочою характеристикою гідроструминного насоса визначаємо відношення тисків Δp_c /Δp_p і діаметрів $d_г/d_c$, які забезпечать максимальний ККД.

2. Виражаємо величини p_c, p_p і $p_н$, а також $Q_{кор}/Q_{нас}$, $p_{кор}/p_{нас}$ і $\eta_г$ через параметри установки, коефіцієнт підсмоктування u і відношення тисків $\Delta p_c/\Delta p_p$.

Таблиця 1 - Формули для визначення основних параметрів установок наведених на рис. 1

Основний розрахунковий параметр	Розрахункові формули для установки	
	Рис.1,*а,б*	Рис.1,*в,г*
p_c	$p_1 + p_2 + 0{,}1$	$p'_c + p_2 + 0{,}1$
p_p	$p_{нас} + (p_1 + p_2 + 0{,}1)$	$p_{нас} + (p'_c + p_2 + 0{,}1)$
$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{p_c - p_н}{p_p - p_н}$	$\frac{(p_1 + p_2 + 0{,}1) - p_н}{p_{нас} + (p_1 + p_2 + 0{,}1) - p_н} = \frac{1}{1 + \frac{p_{нас}}{p_c - p_н}}$	$\frac{(p'_c + p_2 + 0{,}1) - p_н}{p_{нас} + (p'_c + p_2 + 0{,}1) - p_н} = \frac{1}{1 + \frac{p_{нас}}{p_c - p_н}}$
$p_{кор}/p_{нас}$	$\frac{(p_1 + p_2 + 0{,}1) - p_н}{p_{нас}} = \frac{p_c - p_н}{p_{нас}}$	$\frac{p_{нас} + (p_c + p_2 + 0{,}1) - p_н}{p_{нас}} = \frac{1}{1 + \frac{p_{нас}}{p_c - p_н}}$
$\frac{p_{кор}}{p_{нас}} = f\left(\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}\right)$	$\frac{\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}}{\left(1 - \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}\right)}$	$1 \Big/ \left(1 - \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}\right)$
$\frac{p_{нас}}{p_{кор}} = f\left(\frac{\Delta p_p}{\Delta p_c}\right)$	$\frac{\Delta p_p}{\Delta p_c} - 1$	$\frac{\Delta p_p}{\Delta p_c}$
$Q_{кор}/Q_{нас}$	u	$u/(1+u)$
$\eta_г = f\left(u, \frac{\Delta p_c}{\Delta h_p}\right)$	$\frac{u\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}}{\left(1 - \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}\right)}$	$\frac{u}{(1+u)\left(1 - \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}\right)}$

3. Для визначення обмежень на параметри установки, які викликані виникненням кавітації у гідроструминному насосі, при

отриманих значеннях u і $d_г/d_c$ по кавітаційній характеристиці насоса (знаходимо максимально допустиме відношення абсолютних тисків робочої рідини до абсолютного тиску на всмоктуванні, при якому ще не виникає кавітація.

У таблиці 1 наведені отримані розрахункові вирази (формули) для аналізу установок, схеми яких показані на рис. 1. Таблиця 2 містить результати розрахунку цих установок, які у графічному вигляді подані на рис. 2.

Таблиця 2 - Основні параметри установок, виконаних за схемами рис. 2 (табл. 1)

Параметри струминного насоса					Параметри установок					
					Рис.1,*а, б*			Рис.1,*в, г*		
u	$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}$	$\frac{\Delta p_p}{\Delta p_c}$	$\frac{d_г}{d_c}$	$\frac{p_p}{p_н}$	$\frac{p_{кор}}{p_{нас}}$	$\frac{Q_{кор}}{Q_{нас}}$	$\eta_г$	$\frac{p_{кор}}{p_{нас}}$	$\frac{Q_{кор}}{Q_{нас}}$	$\eta_г$
0,1	0,550	1,82	1,20	9,5	1,220	0,1	0,122	2,220	0,09	0,204
0,2	0,480	2,10	1,28	9,5	0,910	0,2	0,182	1,910	0,17	0,400
0,3	0,420	2,38	1,35	9,5	0,720	0,3	0,217	1,720	0,23	0,470
0,4	0,390	2,56	1,45	9,5	0,640	0,4	0,256	1,640	0,29	0,600
0,8	0,260	3,84	1,80	9,5	0,350	0,8	0,280	1,350	0,45	0,680
1,2	0,190	5,12	2,10	9,5	0,235	1,2	0,288	1,235	0,57	0,720
1,6	0,145	6,90	2,40	10,0	0,170	1,6	0,272	1,170	0,62	0,760
2,0	1,115	8,75	2,80	11,5	0,130	2,0	0,260	1,130	0,67	0,780
2,4	0,093	10,57	3,10	12,0	0,100	2,4	0,252	1,100	0,71	0,800
2,8	0,088	10,00	3,30	12,5	0,096	2,8	0,238	1,096	0,74	0,816
3,2	0,068	12,80	3,50	15,0	0,073	3,2	0,227	1,073	0,76	0,830
3,6	0,057	14,30	3,80	17,5	0,061	3,6	0,218	1,061	0,78	0,843
4,0	0,050	20,00	4,20	20,0	0,053	4,0	0,210	1,053	0,80	0,860
6,0	0,028	36,30	5,60	26,0	0,029	6,0	0,170	1,029	0,86	0,880
8,0	0,018	55,50	7,10	40,0	0,018	8,0	0,146	1,018	0,89	0,900
10,0	0,012	80,00	8,50	50,0	0,012	10,0	0,126	1,012	0,91	0,920

Варто зауважити, що показники роботи установок у значному ступені залежать від числових значень $u = f\left(\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}; \frac{d_г}{d_c}\right)$. Тому при використанні різних методик розрахунку струминних апаратів [5, 6] значення величин $Q_{кор}/Q_{нас}$ і $p_{кор}/p_{нас}$ можуть трохи відрізнятися.

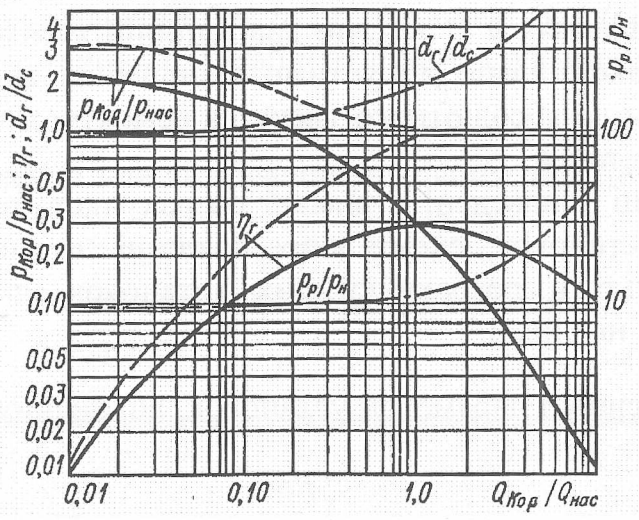

Рис. 2. Основні показники циркуляційних установок з гідроструминними і лопатевими насосами для оптимальних режимів роботи: ———— – схема на рис. 1,а;
– – – – – – – – схема на рис. 1,б;
– - – - – - – - – гідроструминний насос

Висновки. Таким чином, розглядаючи табл. 2 і дані рис.2, можна зробити наступні висновки:

1. Для установок з відбором рідини після струминного апарата (рис. 1,*а*) відношення $p_{кор}/p_{нас}$ у діапазоні зміни $Q_{кор}/Q_{нас} > 0{,}2$ буде меншим одиниці, тобто такі установки створюють напір менше напору відцентрового насоса у той же час при $p_{кор}/p_{нас} < 0{,}3$ установки забезпечують подачу більшу за подачу насоса $Q_{нас}$. Гідравлічний ККД таких установок не перевищує ККД струминного насоса при тих же значеннях відношення тисків $\Delta p_c/\Delta p_p$. Але за рахунок того, що тиск p_c, створюваний струминним насосом, коли проходить через відцентровий насос, збільшує тиск у соплі гідроструминного насоса. Показники циркуляційної установки за однакового тиску насоса $p_{нас}$ більші, ніж для схеми, у якій гідроструминний і відцентровий насоси установлені послідовно.

2. Установки з відбором корисних витрат рідини після відцентрового насоса (рис. 1,*в*) дозволяють збільшити корисний тиск у порівнянні з тиском насоса більш ніж у три рази (при $Q_{кор}/Q_{нас} \to 0$). Але при цьому відповідно зменшується корисна подача установки у порівнянні з подачею відцентрового насоса. Гідравлічний ККД таких установок у всьому діапазоні подач $Q_{кор}/Q_{нас} = 0...1$ більший, ніж гідравлічний ККД установок, виконаних у відповідності зі схемою приведеною на рис. 1,*а*. При цьому якщо $Q_{кор}/Q_{нас} \to 1$, то $\eta_г \to 1$, але $p_{кор}/p_{нас} \to 1$.

3. При однакових значеннях відношення $Q_{кор}/Q_{нас}$ в обох схемах для забезпечення оптимального режиму необхідно ставити

гідроструминні насоси з рівними значеннями геометричного параметра $d_г/d_с$ (рис.2). Але при рівній подачі насоса $Q_{нас}$ абсолютні значення $d_г$ і $d_с$ в установках будуть різні. Останнє обумовлено різними витратами, які проходять через сопла насосів в установках за схемою рис.1,*б*,*г* (табл. 1), а також різними значеннями тиску робочої рідини $p_р$ біля сопла (рис.1 і табл.1). Зі збільшенням $Q_{кор}/Q_{нас}$ оптимальне значення відношення $d_г/d_с$ збільшується.

4. У діапазоні $Q_{кор}/Q_{нас} < 1$ безкавітаційна робота гідроструминних насосів в обох установках забезпечується, якщо відношення абсолютного робочого тиску $p_р$ до тиску на всмоктуванні $p_н$ не перевищує 10. [У загальному випадку при співрозмірності тиску на всмоктуванні $p_н$ і тиску насичення пари рідини $p_н = p_{н.п}$ замість відношення $p_р/p_н$ необхідно використовувати відношення $(p_р - p_к)/(p_н - p_к)$]. Це значить, наприклад, що за атмосферного тиску на всмоктуванні гідроструминного насоса максимальний абсолютний тиск робочої рідини $p_р$ для забезпечення безкавітаційної роботи не повинен перевищувати 1 МПа. Кавітація у багатьох випадках обмежує можливості установок, тому висновки про необмежене підвищення тиску у багатоступінчастих установках за схемою на рис. 1,*в*, зроблені в [7], вимагають корекції з урахуванням виникнення кавітації зі збільшенням $p_р$. Для установок виконаних за схемою на рис. 1,*а*, при $Q_{кор}/Q_{нас} > 1$ допустимий тиск збільшується з ростом $Q_{кор}/Q_{нас}$ (допустиме значення відношення $p_р/p_н$ збільшується від 10 до 50). Це пояснюється збільшенням відношення $d_г/d_с$.

5. У зв'язку з тим, що корисна висота підйому рідини складається з двох величин – H_1 і H_2 (рис. 1), при $p_{кор}/p_{нас} = \text{const}$ перерозподіл співвідношення між H_1 і H_2 (при $H_1 + H_2 = \text{const}$) не змінює показники роботи установок. При цьому в установці за рис.1,*а* величину H_1 можна зменшувати до нуля, відповідно збільшуючи величину H_2. (Величина H_1 може бути навіть від'ємною і рівній допустимому вакуумметричному напору всмоктування для відцентрового насоса, але це зменшує надійність роботи установки). В установці, яка працює з відбором рідини до струминного насоса (рис. 1,*в*), зменшувати величину H_1 недоцільно тільки до значення, яке відповідає тиску насоса $p_{нас}$ при розрахунковій подачі. Подальше зменшення H_1 змінює подачу насоса у відповідності з його гідравлічною характеристикою, при цьому зміниться і відношення $p_{кор}/p_{нас}$.

6. Графіки, наведені на рис. 2, відповідають тільки одній точці на характеристиці гідроструминного насоса. Для побудови нормальної і кавітаційної характеристик установок з фіксованим значенням відношення $d_г/d_с$ при зміні тисків необхідно визначити величини $Q_{кор}$ і $p_{кор}$ для всього діапазону зміни параметрів установки. При цьому

змінні величини, при незмінному положенні елементів установки, можуть бути $p_н$ і p_1 та ін. Більш детально ці питання викладені у наступних розділах.

Література:
1. *Григорьев В.М.* Вакуумное водопонижение / В.М. Григорьев. М.: Стройиздат, 1973.– 223 с.
2. *Лямаев Б.Ф.* Применение водовоздушных эжекторов для откачки воздуха из центробежных насосов / Б.Ф. Лямаев // Водоснабжение и санитарная техника, 1966, №10.– С. 11-13.
3. *Смородинов М.И.* Водопонизительные установки /М.И. Смородинов . М.: Стройиздат, 1984.– 117 с.
4. *Надысев В.С.* Двухструйная канализационная насосная станция / В.С. Надысев // Водоснабжение и санитарная техника, 1964, №2.– С. 11-13.
5. *Кулінченко В.Р.* Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід / В.Р. Кулінченко: Підручник. К.: "ІНКОС", Центр навчальної літератури, 2006.– 616 с.
6. *Соколов Е.Я..* Струйные аппараты. 2-е издание / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. М.: Энергия, 1970.– 288 с.
7. *Рудник В.П.* Преобразователь характеристики центробежного насоса / В.П. Рудник. К.: Будівельник, 1970.– 112 с.

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УСТАНОВОК ИЗ ГИДРОСТРУЙНЫМИ И ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

Ломейко О.П., Кулинченко В.Р., Деменюк О.М.

Аннотация **- в роботе рассматриваются методики инженерных расчетов и конструирования установок из гидро струйными и лопастными насосами насосов, которые позволяют улучшить технологические показатели**

CALCULATION METHODS OF HYDRO-JET AND BLADE PUMP PLANTS

A. Lomejko, V. Koulintchenko, O. Demeniuk

Summary

Engineering calculation and hydro-jet and blade pump plants designing methods are considered in the article that make it possible to improve technological rates of both blade and jet pumps.

Зміст

стор.

Погребняк А.В., Заплетніков І.М. Структура і динаміка струменя гідром'ясорізки…… 3

Леженкін О.М. Схемотехнічні рішення і основи розрахунку стаціонарного агрегату доробки очосаного вороху зернових для фермерських господарств…….. 14

Шпиганович Т.О., Ялпачик О.В. Обгрунтування конструктивних параметрів дробарки зерна прямого удару з попередньою сепарацією зернового матеріалу…… 23

Путінцева С.В., Богданова О.Ф., Чурсіна Л.А. Наукове обґрунтування технології одержання целюлозовмісних матеріалів із луб'яних культур для легкої промисловості…….. 36

Ялпачик Ф.Ю., Фучаджи Н.О., Мілаєва В.О. Значення подрібнення у приготуванні корму для тварин…… 43

Паляничка Н.О., Гвоздєв О.В. Аналіз існуючих гіпотез руйнування жирових кульок…….. 48

Гвоздєв О.В., Котенко В.І., Гвоздєв В.О., Харченко М.Р. Результати експериментального обґрунтування параметрів дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом…… 55

Толмачов В.С., Кузьміна Т.О. Сенсорний аналіз у визначенні показників якості лляної сировини……... 63

Погребняк В.Г., Гордієнко О.В. Вплив швидкості переміщення високошвидкісного струменя води на глибину різа харчових продуктів…….. 70

Макаєв В.І. Дослідження процесу відокремлення насіннєвих коробочок від стебел льону-довгунця……... 76

Ковязин О.С., Ляшенко О.О. Умови роботи фрезерно-лопатевих робочих органів компостоготувальної машини у фазі розвантаження…….. 82

Самойчук К.О., Паляничка Н.О. Аналіз сил, що діють на жирову кульку під час гомогенізації……... 87

Євтушенко В.В. Математичне обгрунтування факторів, які впливають на якість сланкого лляного волокна…….. 93

Фалько О.Л., Миронова Н.О. Вплив інтенсивності замісу тіста для макаронних виробів на його якість…… 101

Тарасенко В.Г. Змінення властивостей плодів кабачків у процесі заморожування і тривалого зберігання…… 106

Бекіров Л.Р., Коб'яков С.М. Математичне моделювання процессу зберігання насіння бавовника…… 113

Коб'яков С.М., Домбровська О.П., Березовський Ю.В. Аналіз сучасних технологій переробки луб'яних культур……. 121
Катанаєва Ю.О. Фізичне моделювання процесу магнітної сепарації…….. 131
Сербий Е.К., Гапоненко О.А. Усовершенствование установки для определения коэффициента трения методом наклонной плоскості…….. 138
Коваленко А.В. Експериментальна конструкція механізму для визначення оптимальних геометричних параметрів східчастої деки…….. 146
Аблогін А.М. Використання оптичного методу для визначення складу суміші……... 151
Петриченко С.В., Соболєвська Л.В. Аналіз процесу сепарації зерна з використанням сил гравітації…… 159
Пархоменко А.П., Пархоменко В.Д. Вдосконалення конструкції дощувального апарату…… 163
Пархоменко В.Д., Шевченко Л.В. Дослідження технологічного процесу виробництва майонезу на диспергаторі ударної дії……. 167
Назаренко І.П. Обгрунтування частоти біжучого електричного поля в пристроях очистки діелектричних рідин…….. 171
Олексієнко В.О., Петриченко С.В., Радєв С.Ю. Аналіз конструкцій зерноочисних машин……. 176
Янаков В.П. Сравнительный эксперимент в тестоприготовлении 184
Стручаєв М.І. Дослідження технологічних та конструктивних характеристик біогазгенератора……. 194
Ялпачик В.Ф. Коэффициент теплопроводности как критерий оценки режимов замораживания и хранения сельскохозяйственной продукции……. 199
Ялпачик Ф.Ю., Змєєва І.М. Обгрунтування методу визначення коефіцієнту витікання з урахуванням числа Рейнольда…….. 209
Ломейко О.П., Кулінченко В.Р., Деменюк О.М. Методики розрахунку установок з гідроструминними і лопатевими насосами…… 215
Петров А.В., Довгаль В.В. Дослідження збурюючих впливів на рух мобільних машин ……. 227