

УДК 621.694.3

ПРИНЦИПОВІ СХЕМИ УСТАНОВОК З ГІДРОСТРУМИННИМИ І ЛОПАТЕВИМИ НАСОСАМИ

Ломейко О.П., к.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 44-81-00

Кулінченко В.Р., д.т.н.,

Деменюк О.М., к.т.н.

Національний університет харчових технологій

Тел. (044) 287-96-49

Анотація – в роботі розглядаються різні варіанти типових схем сумісної роботи відцентрових і струминних насосів, які дозволяють поліпшити технологічні показники як відцентрових, так і струминних насосів.

Ключові слова – установки, гідроструминні насоси, лопатеві насоси, принципова схема, тиск.

Постановка проблеми. Сумісне використання гідроструминних і лопатевих насосів дозволяє створити широке розмаїття автономних установок різного призначення, які суттєво збільшують можливості використання насосів.

Аналіз останніх досягнень. При сумісному використанні з іншими типами насосів гідроструминні апарати дозволяють:

- відкачувати рідину відцентровими насосами, розташованими на поверхні землі, з глибоких шахт, свердловин і колодязів;
- збільшувати допустиму висоту всмоктування відцентрових насосів (збільшувати кавітаційний запас) під час роботи їх на гарячих, перегрітих і легко киплячих рідинах;
- транспортувати із важкодоступних місць корозійні, абразивні токсичні і інші забруднені рідини;
- змінювати у широких межах робочі і кавітаційні характеристики відцентрових, вихрових і інших типів насосів (збільшувати у разі необхідності створюваний насосами напір чи подачу);
- здійснювати вакуумний водовідвід і водопониження як на будівництві, так і при постійному дренаванні споруд;

- відкачувати повітря із всмоктувальних трубопроводів і внутрішніх порожнин насосів, які самі не можуть всмоктувати рідини при їх пуску, а також постійно підтримувати насоси під заливом у стані готовності до пуску;
- змішувати між собою і розчиняти різні рідини, гази і тверді речовини;
- отримувати стисле повітря (струминні гідрокомпресори) та ін.

Постановка завдання. На основі аналізу літературних джерел встановити існуючі варіанти типових схем сумісної роботи відцентрових і струминних насосів, які дозволяють поліпшити технологічні показники, як відцентрових так і струминних насосів.

Основна частина. На рис.1 наведені схеми деяких установок з лопатними і гідроструминними насосами. Установка, наведена на рис.1,а, призначена для відкачування рідин з великої глибини відцентровим насосом, який розташовано на поверхні землі. Відцентровий насос 2 подає рідину в посудину 1 і далі споживачу чи на скидання. Одночасно частина рідини подається по відгалуженню від напірного трубопроводу насоса в сопло гідроструминного насоса 3, яке розташовано під шаром відкачуваної рідини, чи на певній висоті відносно її поверхні. Коли робоча рідина проходить через сопло гідроструминного насоса, вона підсмоктує рідину з джерела (резервуара) 4 і подає її у всмоктувальний патрубок відцентрового насоса. У подальшому цикл роботи повторюється.

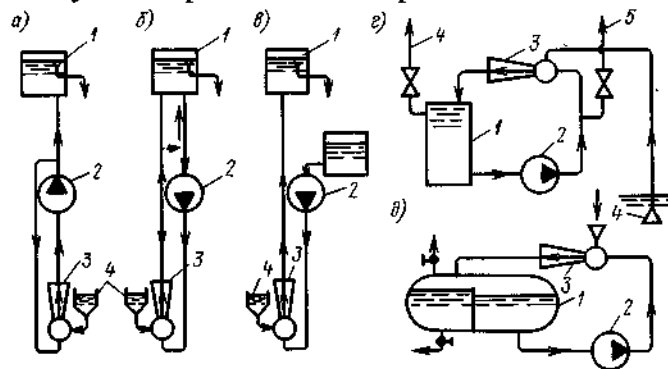


Рис.1. Приклади схем установок з гідроструминними і лопатевими насосами

Таким чином, гідроструминний насос у цій установці виконує роль бустера (від англійського boost – підіймати, підвищувати тиск), який приводиться в дію струменем робочої рідини, створюваним відцентровим насосом. Тому що частина витрат рідини, яка перекачується відцентровим насосом, постійно циркулює через гідроструминний насос, то подача рідини у посудину 1 менше подачі насоса. Але це дозволяє збільшити загальний напір установки і

підіймати рідину з глибини, яка у декілька разів перевищує допустиму вакуумметричну висоту всмоктування відцентрового насоса 2.

Установка, схема якої наведена на рис.1,б, також призначена для відкачування рідини насосом, який розміщений на поверхні землі, з глибини, що перевищує вакуумметричну висоту всмоктування відцентрового насоса. Відмінність цієї установки від установки на рис.1,а криється у схемі підключення насоса 2. У даному випадку цей насос всмоктувальним патрубком підключений до баку 1. Усі витрати рідини, які перекачуються насосом 2, підводяться до робочого сопла гідроструминного насоса 3. Гідроструминний насос підсмоктує рідину з резервуара 4 і подає сумарний потік у бак 1. З цього бака частина витрат рідини йде до споживача, а інша частина повертається на циркуляцію в насос 2. Всмоктувальний трубопровід відцентрового насоса 2 і нагнітальний трубопровід від гідроструминного насоса 3 можна з'єднати між собою. Тоді нагнітальний трубопровід до бака стає непотрібним. Циркуляційні витрати рідини будуть відразу повертатися до відцентрового насоса.

Установка на рис.1,в призначена для відкачування токсичних чи агресивних рідин з великої глибини з важкодоступних місць. У зв'язку з тим, що після змішування з робочою рідиною, яка подається насосом 2, з рідиною, що відкачується гідроструминним насосом 3 з резервуара 4, суміш також стає токсичною (агресивною), циркуляція рідини в установці не передбачена, і вся рідина спрямовується у резервуар 1.

Установки наведені на рис.1,б,в можуть використовуватися при водопониженні з ежекторними голчатими фільтрами [1]. У цьому разі гідроструминний насос (ежектор) є конструктивною частиною голчатого фільтра, зануреного в ґрунт на необхідну глибину. За допомогою ежектора у ґрунті створюється вакуум, який сприяє інтенсивній відкачці води. У процесі пониження рівня води з ґрунту в голчатий фільтр починає відсмоктуватися повітря. Тому використовувати установку за рис.1,а для водопониження у сполученні з голчатими фільтрами не можна, тому що повітря, яке потрапляє з ежектора 3 у відцентровий насос 2, може викликати зрив його роботи і виникненню у системі нестационарного процесу (гідравлічного удару). Для запобігання потрапляння повітря до відцентрового насоса між ним і гідроструминним насосом можна ставити розподільчу посудину.

Установка, схема якої наведена на рис.1,г, може виконувати ряд функцій. Перед усім вона може використовуватися як вакуумна водовідливна установка. Під час роботи насоса 2 він забирає рідину з посудини 1 і подає її до робочого сопла гідроструминного насоса 3. Гідроструминний насос створює необхідне для всмоктування рідини з

джерела 4 розрідження. Відсмоктування гідроструминним насосом рідина разом з робочою подається в бак 1. Рідину з системи можна відводити двома способами.

У першому з них рідина після наповнення бака 1 буде відводитися трубопроводом 4. При цьому тиск у трубопроводі 4 дорівнює тиску, який створюється гідроструминним апаратом 3. Цей тиск передається у всмоктувальний патрубок насоса 2, внаслідок чого збільшується тиск біля сопла гідроструминного насоса 3 і, як наслідок, покращуються умови праці гідроструминного насоса у порівнянні з його установкою у відкритій (без циркуляційній) схемі.

Другим способом подачі (видалення) рідини з системи є транспортування її трубопроводом 5. У цьому випадку рідина з системи буде відводитися з більш високим тиском, ніж у першому випадку. Тиск у трубопроводі 5 складається з тиску, створюваного насосом 2, і тиску, який виникає в посудині 1 за рахунок роботи гідроструминного насоса. Але цей вигаш у тиску призводить до зменшення подачі рідини установкою. На відміну від першого випадку, через робоче сопло струминного апарата проходить не вся подача насоса 2, а тільки її частина, тому що певна кількість рідини відводиться трубопроводом 5.

Відмічені особливості роботи установки дозволяють використовувати її як перетворювач характеристики відцентрового насоса (рис.1,з). При відведенні витрат трубопроводом 4 подача агрегата може перевищувати кількість рідини, що проходить через насос 2. Це буде мати місце при коефіцієнті підсмоктування гідроструминного апарата $u > 1$. Тиск у напірному трубопроводі 4 буде меншим тиску, створюваного насосом 2, на величину втрат у гідроструминному насосі 3. Далі покажемо, що за малих відносних витрат, коли повна подача агрегата $Q_{нов} < 0,1Q_{нас}$ (де $Q_{нас}$ – подача насоса), тиск, створюваний агрегатом, перевищує тиск насоса. При $Q_{нов} / Q_{нас} \rightarrow 0$ відношення тисків становить $p_{нов} / p_{нас} \approx 2,2$. У той же час, якщо відводити рідину трубопроводом 5, то тиск у цьому трубопроводі буде більшим, ніж створюється насосом 2, на величину підпору у посудині 1.

У схемі перетворювача (рис.1,з) не обов'язково мати у наявності посудину 1. Установка цієї посудини тільки збільшує стійкість роботи агрегата при коливаннях витрат у джерелі живлення чи у споживача. Установки зібрані за схемою рис.1,з можуть працювати не тільки при перекачуванні (відкачуванні) рідин. Їх можна використовувати також як вакуумні установки для відкачування повітря (газу) [2]. У цьому випадку трубопровід 4 необхідно з'єднати з атмосферою, а всмоктувальний патрубок гідроструминного апарата приєднати до об'єкту, у якому необхідно створювати вакуум. Відкачуване повітря

буде разом з рідиною надходити у посуд 1, де відокремлюється від нього, виходить в атмосферу.

У вакуумних водовідливних установках зібраних по схемі рис.1,г [3] інколи монтують паралельно два гідроструминних апарата 3. Один з них відкачує рідину (воду), другий – повітря (газ).

Установка зображена на рис.1,д, представляє собою гідрокомпресор струминного типу. Вона працює аналогічно попередній. Відмінність криється у тому, що гідроструминний апарат 3 стискує повітря в посудині 1 до заданого тиску і подає його споживачу. Не дивлячись на те що струминні гідрокомпресори мають більш низький ККД, ніж поршневі, шестеренні і інші типи компресорних машин, вони більш надійні у роботі, створюють значно менше шуму. Крім цього, повітря що подається ними у певній мірі очищається під час контакту з водою і не містить нафтопродуктів, які у механічних компресорах виносяться від деталей, які змащуються.

Велике розмаїття схем установок з гідроструминними і відцентровими насосами, які використовуються і можуть бути використані на практиці, можна звести до декількох принципових схем.

У схемах, зображених на рис.2,а,б, корисна подача відбирається після гідроструминного насоса 3 із циркуляційного бака 2. У схемі з циркуляційним баком установка може перекачувати не тільки рідину, але й газ (повітря), тобто працювати у режимі струминного вакуум-насоса чи струминного компресора. У цьому випадку баки 1 і 4 необхідно замінити на інше обладнання (наприклад, ресиверами).

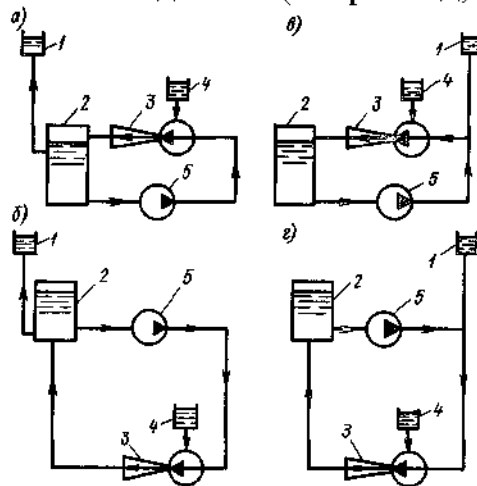


Рис.2. Принципові схеми циркуляційних установок з гідроструминними і лопатевими насосами: а, б – з відбором корисних витрат рідини після струминного насоса; в, г – з відбором корисних витрат рідини до струминного насоса; 1 – бак споживача; 2 – циркуляційний бак; 3 – гідроструминний насос; 4 – джерело рідини (приймальна посудина установки); 5 – відцентровий насос

Схема на рис.2,б відрізняється від схеми на рис.2,а тим, що в ній гідроструминний насос 3 розташований на відносно більш низьких геодезичних відмітках, ніж насос 5. Тому схема на рис.2,б відповідає установкам для подачі рідини з великої глибини, насос в яких розташований на поверхні землі (рис.1,б). Схема на рис.2,а відповідає установці (рис.1,г) при відборі рідини з циркуляційного бака трубопроводом 4.

У схемах на рис.2,в,г відбір корисної подачі відбувається перед гідроструминним насосом (після відцентрового насоса). Схема на рис.2,в відповідає установці з відбором корисних витрат рідини трубопроводом 5 (рис.1,г), а схема на рис.2,г – установці для підймання рідин з великих глибин (рис.1,а). Варто відмітити, що установки, які виконані за схемами на рис.2,в,г, не можуть працювати на газі (повітрі) навіть при наявності циркуляційного бака 2. Це пояснюється тим, що середовище яке відбирається з системи повинно проходити через відцентровий насос.

Установки ж з циркуляційним баком, які виконані за схемами на рис.2,а,б, можуть працювати і після повної відкачки рідини з приймальної посудини 4. У цьому випадку гідроструминний апарат відсмоктує повітря і подає його в циркуляційний бак 2 і далі на викид. При поновленні подачі рідини у приймальну посудину установка дозволяє продовжувати її відкачування. В установках за схемами на рис.2,в,г така робота можлива тільки у тому випадку, якщо на період припинення притоку рідини у приймальну посудину 4 подача рідини в бак 1 буде припинена. Це може бути виконано, наприклад, з допомогою перекриття відвідного трубопроводу засувкою з автоматичним приводом чи поплавковим клапаном, який ставиться у циркуляційному баку.

У тих випадках, коли циркуляційна установка призначена тільки для перетворення робочих чи кавітаційних характеристик відцентрових насосів (збільшення корисної подачі чи корисного напору, збільшення кавітаційного запасу), наявність циркуляційного бака у системі є необов'язковим. Схеми таких установок з гідроструминними насосами для перетворення характеристик відцентрових (а також інших типів) насосів наведено на рис.3.

Установки, наведені на рис.3,а,б (з відбором рідини після струминного насоса) дозволяють збільшити корисну подачу $Q_{кор}$ у порівнянні з подачею відцентрового насоса $Q_{нас}$, а установки з відбором рідини до струминного (після відцентрового) насоса (рис.3,в,г) дають можливість збільшувати корисний напір у порівнянні з напором відцентрового насоса.

Розглянемо інші можливі випадки принципових схем установок з гідроструминними і відцентровими насосами (рис.4).

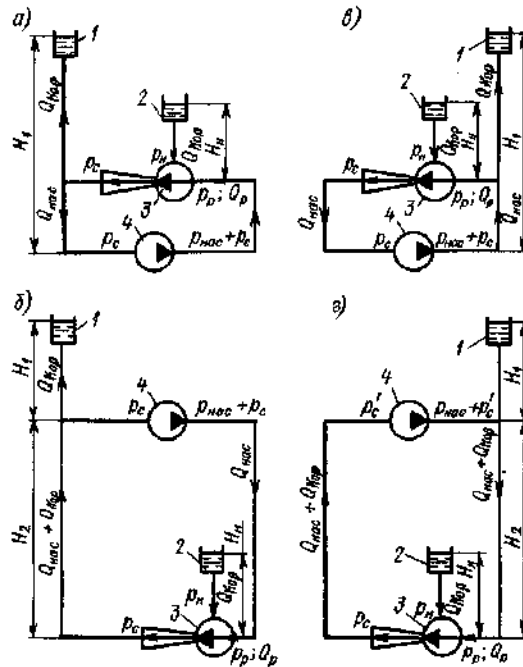


Рис.3. Принципові схеми установок для перетворення $H - Q$ характеристик відцентрових насосів: а, б – з відбором корисних витрат рідини після струминного насоса; в, г – з відбором корисних витрат рідини до струминного насоса; 1 – посудина споживача рідини; 2 – приймальний посуд установки; 3 – гідроструминний насос; 4 – відцентровий насос

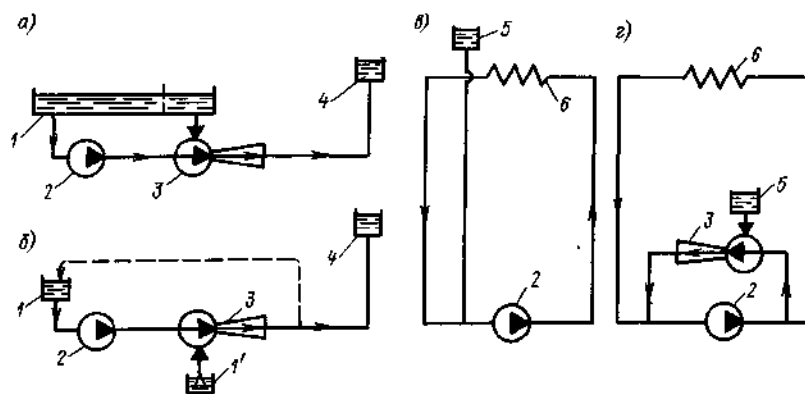


Рис.4. Варіанти принципів схем установок з гідроструминними і відцентровими насосами: а – схема двоструминної насосної установки; б – схема установки для гідравлічного транспортування твердих матеріалів; в – циркуляційна схема охолодження обладнання; г – циркуляційна схема охолодження обладнання з гідроструминним бустерним насосом; 1, 1' – приймальні посудини; 2 – відцентровий насос; 3 – гідроструминний насос; 4 – посудина споживача рідини; 5 – бак-розширювач; 6 – технологічне обладнання

Схема на рис.4,а в основному призначена для перекачування забруднених рідин [4]. Рідина, яка містить тверді домішки, подається

до правої частини приймальної посудини 1. Звідси вона проходить до лівої секції, відокремленої від правої фільтром, наприклад сіткою. Під час роботи установки відцентровий насос 2 забирає відносно чисту рідину з лівої секції приймальної посудини 1 і подає її в робоче сопло гідроструминного насоса 3, який забирає забруднену рідину з правої частини посудини 1. Цим самим не допускається забруднення відцентрового насоса. Крім цього, сумісне використання відцентрового і гідроструминного насосів збільшує корисну подачу установки, яка складається з подачі відцентрового насоса $Q_{нас}$ і гідроструминного $uQ_{нас}$ насосів, тобто $Q_{нов} = (1 + u)Q_{нас}$.

На рис.4,б наведена схема установки для гідротранспорту твердих речовин. Принцип дії цієї установки аналогічний установці, зображеній на рис.4,а. Відцентровий насос 2 забирає з резервуара 1 робочу рідину і подає її в робоче сопло гідроструминного насоса 3. Останній підсмоктує гідросуміш з резервуара 1' (резервуаром 1' може служити завантажувальний бункер, який здійснює сухе завантаження твердої речовини) і подає її до споживача 4. У деяких випадках частина робочої рідини після відокремлення від неї твердих речовин може повертатися до приймальної посудини 1 для повторного використання, зворотний трубопровід показаний на рис.4,б штриховою лінією.

На рис.4,в,г для порівняння наведені дві схеми циркуляційних систем, призначених, наприклад, для охолодження технологічного обладнання.

Схема на рис.4,в є традиційною. Бак-розширювач 5 призначений для компенсації температурних деформацій викликаних рідиною, що циркулює в системі, а також для підтримання на вході в насос необхідного надкавітаційного напору. Для усунення кавітації бак-розширювач 5 повинен ставитися на достатньо високій геодезичній відмітці у порівнянні з насосом 2, що не завжди можливо, наприклад у суднових і інших умовах.

Схема, наведена на рис.4,г, ліквідує названий недолік. У цьому випадку бак-розширювач 5 установлений на всмоктувальному патрубку гідроструминного насоса 3, який включений у розрив трубопроводу, що сполучає напірний і всмоктувальний патрубкі насоса 2. Гідроструминний насос 3, який забирає у початковий період роботи невелику кількість рідини з бака-розширювача 5 і нагнітає її у замкнену систему, збільшує тиск на всмоктуванні насоса 2 (а значить і у всій системі) до необхідної величини. При цьому бак-розширювач можна розміщувати на більш низьких геодезичних відмітках, ніж у схемі, наведеній на рис.4,в.

Висновки. Таким чином, встановлені та узагальнені існуючі варіанти типових схем сумісної роботи відцентрових і струминних

насосів, які дозволяють поліпшити технологічні показники як відцентрових так і струминних насосів.

Література:

1. Григорьев В.М. Вакуумное водопонижение / В.М. Григорьев. М.: Стройиздат, 1973.– 223 с.
2. Лямаев Б.Ф. Применение водо-воздушных эжекторов для откачки воздуха из центробежных насосов / Б.Ф. Лямаев // Водоснабжение и санитарная техника, 1966, №10.– С. 11-13.
3. Смородинов М.И. Водо-понижительные 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: Підручник / В.Р. Кулінченко. 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.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УСТАНОВОК ИЗ ГИДРОСТРУЙНЫХ И ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

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

Аннотация - в работе рассматриваются разные варианты типичных схем совместимой работы центробежных и струйных насосов, которые позволяют улучшить технологические показатели как центробежных, так и струйных насосов.

PRINCIPLE SCHEMES OF HYDRO-JET AND BLADE PUMP PLANTS

A. Lomejko, V. Koulintchenko, O. Demeniuk

Summary

Various model schemes of blade and jet pumps compatible functioning are considered in the article that make it possible to improve technological rates of both blade-centrifugal and hydro-jet pumps.