

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ҐРУНТОВИХ НАСОСІВ

КАРАКАШ Сергій Вадимович

асистент кафедри технології машинобудування
Криворізький національний університет

УКРАЇНА

Анотація: У системі безперервного виробництва, у якому насосам відведена значна роль у підтримці технологічного процесу, надійності й довговічності цього виду встаткування варто приділяти велику увагу. Надійність насоса, як властивість виконувати задані функції, зберігаючи в певних межах експлуатаційні режими протягом необхідного проміжку часу, обумовлюється безвідмовністю, ремонтпридатністю й довговічністю всіх деталей. На надійність насосів, що транспортують високоабразивні суміші, впливає: стан робочих коліс, бронедисків, чепцевих ущільнень і ущільнень деталей з боку підведення потоку в робочі колеса; порушення герметизації в ущільнюючих з'єднаннях; ослаблення кріплень робочих коліс, вібрації роторів насосів і вихід з ладу підшипникових вузлів. В ході досліджень були розглянуті фактори прояву абразивного зношення ґрунтонасосів. А також методи, що підвищують надійність і довговічність швидкозношуваних деталей. Тому було встановлено, що для кращої надійності та довговічності, необхідно:

- використання для зносостійких матеріалів - хромистих чавуну, сталей, гуми й мінералополімерних покриттів нерухомих деталей, а також нових сплавів - норихард і норидур;
- зниження швидкостей руху абразивної суміші в робочому колесі шляхом зменшення частоти обертання вала насоса в припустимих межах;
- модернізація конструкції відводу на виході з робочого колеса у бік розширення перетину відводу, що дає можливість одержати плавний перехід від бічної стінки перетину відводу до його циліндричної частини. Проведені заходи дають можливість підвищити довговічність ґрунтових насосів на 36%.

ВСТУП.

На збагачувальних фабриках для транспортування пульпи застосовуються ґрунтові насоси наступних марок: 4ГР-М, 8ГР-, 8ГР-М, 5НШ-1, 5ГР-8. Для видалення хвостових пульп у відвал застосовують ґрунтові насоси 28Гр-8Т, НП-500, НП-700, НП-800, 20Р-П. Пульпа, що

перекачує, містить велику кількість високоабразивних часток, що приводить до інтенсивного зношування робочих деталей насосів. Вітчизняні ґрунтові насоси, особливо їхні останні зразки, мають гарні енергетичні показники й не уступають закордонним зразкам. Однак існуючі промислові ґрунтові насоси недостатньо стійкі до абразивного зношування при переробці сильноабразивних гравійних ґрунтів.

Розрахунок ґрунтового насоса дозволяє визначити оптимальні форми й розміри деталей проточного каналу, що забезпечують високий к.к.д. і висоту усмоктування. Внаслідок абразивного зношування деталі проточного каналу насосів істотно змінюють свою геометричну форму. Так, наприклад, перед профілактичним ремонтом часто можна бачити лопатки, зношені на 30-40% своєї довжини. Природно, насос із таким робочим колесом значно знижує свій напір і продуктивність.

Дослідження показують, що втрата через абразивне зношування первісної маси деталей на 25—30% виникає потреба заміни їх новими запасними частинами. Середнє зношування металу на 1 тис. м³ перекошеного ґрунту звичайно становить 1,4-5,2 кг для піщаних і до 70 кг для гравійних ґрунтів. Таким чином, насоси на гравійних ґрунтах зношуються в багато разів інтенсивніше, чим на піщаних.

Якщо врахувати величезні обсяги виконуваних у нашій країні гідромеханізованих робіт, обчислювальні сотнями мільйонів кубічних метрів, то стане очевидним, що заміна зношених деталей вимагає колосальної витрати засобів. Витрати, викликувані зношуванням, складаються не тільки з вартості зношених деталей, але й у значній мірі є наслідком непродуктивних простоїв земснарядів, які на великих ґрунтонасосних установках можуть тривати більше доби. Крім того, зношування знижує енергетичні показники насосів. Так граничне зношування ґрунтового насоса ЗГМ-1-350А викликає зниження напору на 10-15%, а продуктивності по ґрунті на 30% і більше.

Способами підвищення терміну служби розглянутого встаткування є:

- застосування зносостійких матеріалів;
- зміцнення зношеної поверхні наплавленням твердих сплавів;
- розробка зносостійкої гідравлічної форми проточної частини ґрунтових насосів і рівностійких до абразивного зношування елементів їхнього каналу;
- зміна геометрії руху часток у насосах.

ОСНОВНА ЧАСТИНА.

Закордонні фірми приділяють велику увагу підвищенню терміну служби ґрунтових насосів. При розробці раціональних конструкцій часто проводять дослідницькі роботи.

Іноземні фірми найбільшу увагу приділяють застосуванню зносостійких матеріалів і розробці стійких до зношування конструкцій насосів.

Американські фахівці вважають, що ще немає універсального матеріалу, що міг би в достатньому ступені виявити свої зносостійкі якості для будь-яких умов експлуатації. Тому вони рекомендують підбирати стійкі до зношування матеріали з урахуванням фізико-механічних властивостей.

Для насосів, що працюють на перекачуванні гідросуміші з великими включеннями скельних порід, часто використовуються сплави з додаванням молібдену, хрому, нікелю й інших металів. Для переробки ґрунтів, що створюють у насосі невеликі й середні ударні навантаження, знаходять застосування метали з високим змістом хрому. Одним з таких металів є сплав НС-250, використовуваний для виготовлення робочих коліс і равликів ґрунтових насосів. Зносостійкість цього сплаву в 2 рази вище, ніж вуглецевих сталей.

Для переробки дрібних піщаних ґрунтів знаходить застосування нікельхромистий сплав АВК «Мітел», який відноситься до ніхардових чавунів.

Як неметалічні матеріали для деталей ґрунтових насосів у США застосовується так званий «алмазний» сплав, що має твердість по Брінеллю 600 кгс/мм². Американська фірма «АММКО» рекомендує використати цей сплав для переробки сильноабразивних гравійних ґрунтів. За даними фірми, термін служби деталей із цього сплаву в 2 і більше рази вище, ніж зі звичайних вуглецевих сталей.

При роботі на дрібних ґрунтах проточний канал насосів іноді покривають зносостійкою футеровкою з корунду й карборунду. Цей спосіб захисту від зношування може підвищити термін служби насосів приблизно в 7 разів, по зарубіжним даним.

Деякі фірми випускають насоси в гумованому виконанні. За даними фірм, ці насоси успішно працюють в умовах переробки ґрунтів, крупністю не перевищуючих 9 мм. Термін служби їх в 10 разів вище стосовно насосів зі звичайних вуглецевих сталей.

Відновлення деталей наплавленням високоякісними електродами в закордонній практиці не знаходить широкого застосування. У США, де широко розвинений гідромеханізований спосіб провадження робіт, цей метод використовується рідко. В основному його застосовують для покриття окремих лише швидкознушуваних ділянок деталей, як наприклад, наплавлення зносостійкими сплавами вихідних елементів робочого колеса (Рис. 1) і ін.

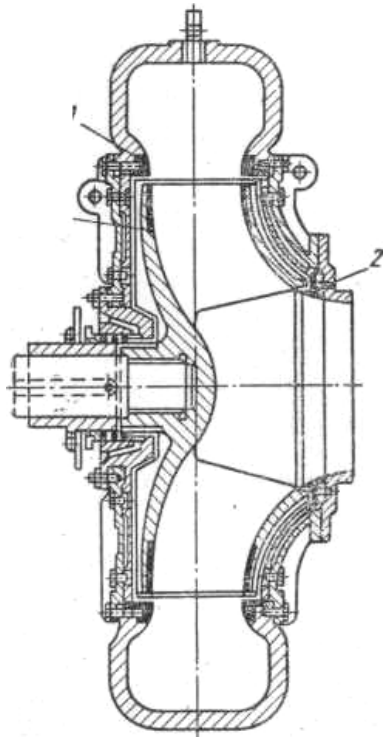


Рис. 1. Грунтовий насос земснаряда «Комбер»: 1 и 2 — зйомні елементи з зносостійких матеріалів; 3 — наплавка з стіких до зношування сплавів

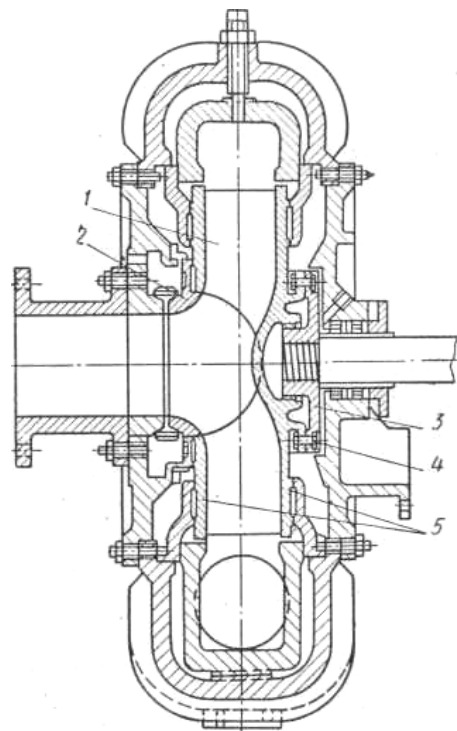


Рис. 2. Грунтовий насос фірми «Томас»

Багато фірм підвищують термін служби насосів шляхом створення раціональних конструкцій. При розробці таких конструкцій ставлять метою не тільки підвищення довговічності, але й здешевлення робіт із заміни зношених деталей.

Як такий приклад можна привести насос (Рис. 2) фірми «Томас» (США). Цей насос призначений для розробки високоабразивних кускових матеріалів. Деталі його проточного каналу виготовлені з високохромистого сплаву «Ніхард» і аустенітної марганцовистої сталі.

Робоче колесо складається зі знімного кільця 2 і маточини 3, які кріпляться до дисків 5 за допомогою закладних болтів 4. З метою пропуску через насос великих шматків породи вхідні крайки лопаток обрізані по кривій лінії.

Приділяється належна увага швидкороземності конструкцій. У насосі фірми «Моріс» (Рис. 3) равлик, поміщений між передньою й задньою кришками, які стискають його за допомогою відкидних болтів. Такий простий пристрій дозволяє швидко замінити зношені равлики.

Закордонні фірми відзначають необхідність при підборі насосів керуватися конкретними умовами експлуатації. Залежно від гранулометричного складу твердої фракції рекомендується застосовувати робочі колеса з різним профілюванням лопат.

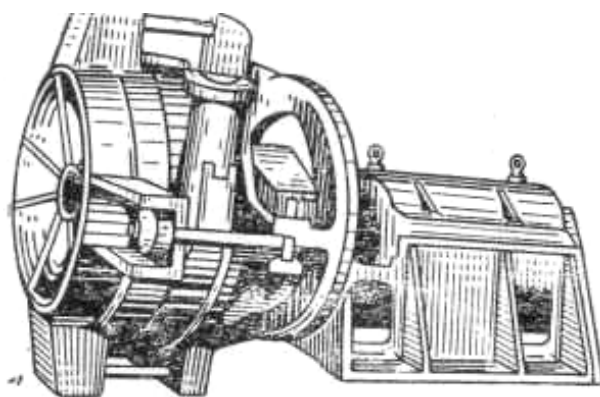


Рис. 3 Грунтовий насос фірми «Моріс»

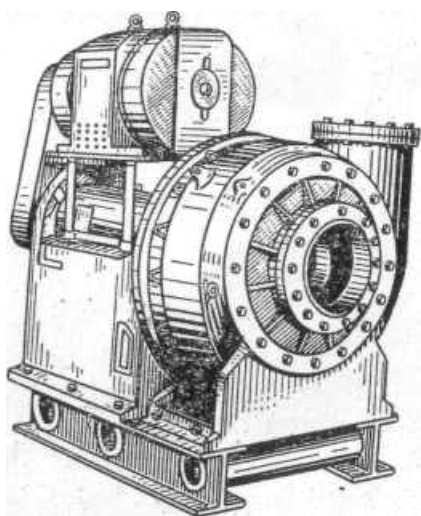


Рис 4. Грунтовий насос фірми «Денвер»

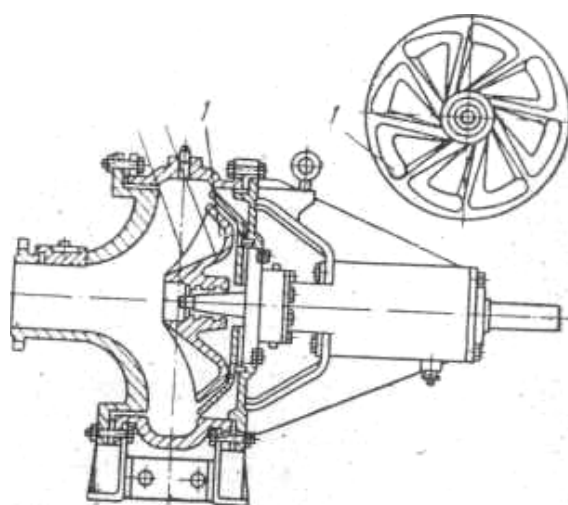


Рис 5. Грунтовий насос «Вемко»

При сильноабразивних гравійних ґрунтах для зниження зношування проточного каналу насосів іноземні фірми рекомендують працювати на знижених швидкостях. Для цього застосовується з'єднання валів насоса із двигуном за допомогою пасової передачі (Рис. 4), що дозволяє змінювати числа обертів вала насоса.

За даними закордонної печатки, фірмою «Вестерн Машинери» (США) випускаються ґрунтонасоси «Вемко» (Рис. 5). По нашій термінології їх називають смерчковими насосами. Конструктивно ці насоси відрізняються тим, що лопатки 1 поміщені в спеціальні поглиблення, утворені фігурним диском 2 робочі колеса 3. У такого насоса обертове робоче колесо в каналі равлика створює вихровий рух потоку гідросуміші. Як вказується в закордонній пресі, завдяки такому руху потоку абразивні частки мають мінімальне зіткнення з лопатками колеса, що знижує інтенсивність зношування останніх. Однак проведені Вніігдромашем дослідження насосів, що працюють на такому принципі, не підтвердили їхніх переваг.

У цей час є великий парк ґрунтонасосних установок різних марок. Серед них експлуатуються установки як нових, так і старих зразків.

Деталі цих насосів виготовлені з нестійких до зношування сталей, в основному сталей 25Л і 55Л. Тому заходом щодо підвищення строку їхньої служби є зміцнення робочих поверхонь електронаплавкою твердими сплавами. Розглянемо конструктивні особливості цих насосів. До таких ставляться ґрунтові насоси 8НЗУ й 12НЗУ. Їхня характерна риса полягає в тім, що периферійні стінки каналу равлика зроблені товще бічних його стінок. Така конструкція равликів сприятливо позначається на підвищенні терміну служби цих деталей, особливо при роботі на сильноабразивних гравійних ґрунтах.

Ґрунтові насоси 20Р-11 і 20Р-11М. Перший із цих насосів виконаний у легкому, а другий - у важкому варіанті. У модернізованого насоса у важкому виконанні для полегшення його розбирання при заміні зношених деталей зовнішній корпус має рознімання в горизонтальній площині.

З метою збільшення усмоктувальної здатності насоса й підвищення терміну служби робочого колеса модернізована кришка усмоктувальної сторони й робоче колесо ґрунтового насоса 20Р-11.

Сутність модернізації складалася в збільшенні усмоктувального отвору до 550 мм і товщини вхідних елементів лопат з боку заднього

диска колеса, де спостерігається інтенсивне їхнє зношування (Рис.6). Природно думати, що лопатки з підвищеною товщиною вхідних крайок передбачені з метою збільшення терміну служби робочих коліс при роботі на гравійних ґрунтах.

Як показали дослідження, довговічність робочих коліс при експлуатації їх на гравійних ґрунтах доцільно підвищувати за рахунок збільшення не товщини, а довжини лопаток шляхом розташування вхідних крайок останніх ближче до осі насоса.

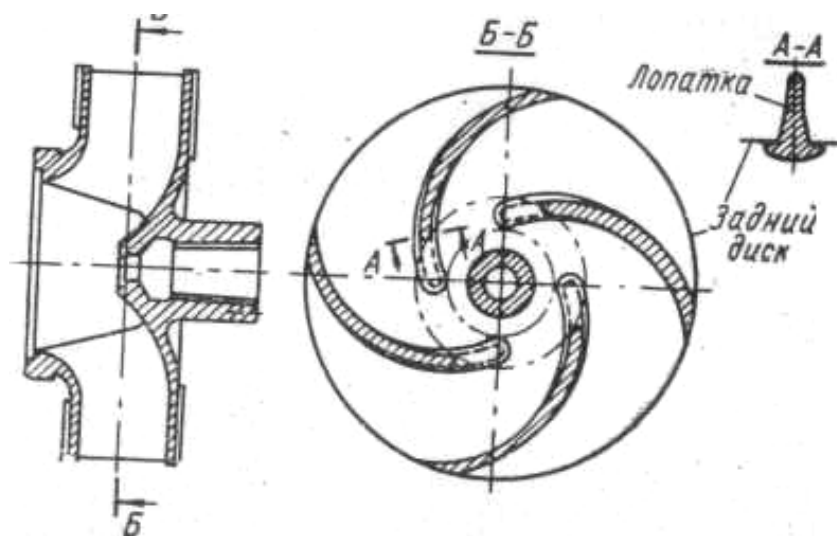


Рис. 6 Робоче колесо насоса 20P-11M

У ґрунтових насосів ЗГМ, 20P-11 і 500-60 вхідні краї лопаток обрізані до лінії, що становить із віссю насоса кут, приблизно рівний 4—5°. У робочого колеса насоса 1000—80 цей кут приблизно дорівнює 10°. З погляду підвищення терміну служби робочих коліс при роботі на гравії другий варіант переважніше, тому що він створює запас довжини лопаток на зношування й дозволяє розташувати швидкозношувані елементи їх у зоні менших окружних швидкостей.

В основу насосів нових марок лягли моделі, які отримані в результаті проведеного комплексу досліджень. По своїх гідравлічних показниках ці ґрунтонасоси значно перевершують раніше випущені вітчизняні насоси й перебувають на рівні показників кращих закордонних зразків.

Для таких насосів широке застосування знаходить високохромистий чавун ИЧХ28Н2. Цей сплав має підвищену зносостійкість приблизно в 4 рази стосовно сталі Ст.3. Він в основному використовується для деталей насосів, підданих малим ударним навантаженням, як наприклад, для

бронедисків. Для робочих коліс і внутрішніх корпусів його використовують лише в насосів «Гр», призначених для перекачування піску, золи й шламу.

Для більше важких по абразивності умов, коли попадаються великі уламкові включення, звичайно використовують насоси «Гру», які мають розширені прохідні канали. Для таких насосів в основному застосовується сталь 55Л, що має низьку зносостійкість.

Через недостатність механічної міцності високохромистий чавун не знаходить широкого застосування для насосів, експлуатованих на гравійних ґрунтах, особливо з великоуламковими включеннями.

У ґрунтових насосів 8Грк-8 равлика мають зносостійку футеровку з корунду на бакелітовій основі. Як показала експлуатація таких насосів на гірничозбагачувальному комбінаті при перекачуванні гідросуміші зі зливу кульових млинів, термін служби їх приблизно в 3 рази вище, ніж насоса 8Гр-8т, виготовленого з високохромистого чавуну.

Досвід експлуатації таких насосів у ВНІНеруді на більших матеріалах (піщано-гравійних і гравійних ґрунтах) не дав істотного підвищення строку їхньої служби. Футеровка їх від ударних навантажень абразивних часток відносно швидко руйнується.

Таким чином, відносно застосування зносостійких матеріалів насоси нових марок мають істотну перевагу перед насосами старих марок. Однак це стосується не всіх моделей розглянутого ряду. Так, у насосів з розширеними прохідними перетинами, які використовуються для переробки гравійних ґрунтів, застосовують звичайно слабку до абразивного зношування сталь 55Л, що мало відрізняється по зносостійких якостях від звичайної сталі Ст. 3.

У конструктивному відношенні в насосів ряду «Гр» зроблений також істотний крок уперед. Якщо в насосів старих марок гідравлічні форми спрацьовувалися в основному в енергетичному відношенні, то з новими проведені додаткові дослідження на зношування, які дозволили виявити раціональну, більш стійку до зношування форму їхнього каналу. Для переробки ґрунтів щодо дрібних фракцій поліпшення умов протікання гідросуміші в насосах дало можливість підвищити строк їхньої служби. Однак для переробки великих гравійних ґрунтів ці насоси в конструктивному відношенні відпрацьовані недостатньо.

Ґрунтові насоси розглянутого ряду випускаються як у легкому так і важкому виконанні. Останні мають двохкорпусного равлика, що дає

можливість відносно легко замінити внутрішній корпус, що піддається зношуванню.

Розглядаються насоси з нормальним і розширеним перетином їхнього проточного каналу. У першому випадку передбачені робочі колеса із чотирма, а в другому — із трьома лопатками. Виробник рекомендує використати ці насоси на перекачуванні гідросуміші з об'ємною вагою $\gamma_{см} = 1,3 \text{ тс/м}^3$, що містить як твердий компонент пісок, шлаки, гравій і гальку.

По гідравлічним параметрам, к.к.д., розмірам прохідних перетинів і числам обертів вітчизняні ґрунтові насоси мало відрізняються від аналогічних показників насосів закордонних фірм. Однак у відношенні антиабразивних якостей вітчизняні насоси залишаються усе ще недостатньо зносостійкими. Особливо цей недолік проявляється при перекачуванні сильноабразивних гравійних ґрунтів.

За даними досліджень ВНІГа, корпус насоса 20Р-11 до повного свого зношування може пропустити піску 215, а гравію — 34 тис. м^3 . Зношування робочих коліс при цьому на гравії відбувається в 6 разів швидше, чим на піску.

Звітні дані ряду виробничих підприємств трестів гідромеханізації й дані літературних джерел, свідчать, що зношування деталей проточного каналу насосів на сильноабразивних ґрунтах в 10 і більше раз інтенсивніший, чим на піщаних.

Експлуатація насосів 10Гру-8л показала, що при переробці дрібнозернистих пісків робоче колесо може пропустити близько 50 тис. м^3 ґрунту. Випробування на зношування такого ж насоса на гравії середньої крупності 16—18 мм, проведені у ВНІНеруді, показали, що робоче колесо може пропустити тільки 6 тис. м^3 ґрунту.

Таким чином, ці приклади ще раз свідчать про те, що насоси нових марок недостатньо зносостійкі при експлуатації їх на гравійних ґрунтах. Це пояснюється тим, що насоси з розширеними прохідними перетинами виготовляють зі звичайних, нестійких до зношування сталей.

ДОВГОВІЧНІСТЬ І ЗНОШУВАННЯ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

У процесі роботи проточна частина ґрунтових насосів безупинно перебуває в контакті з гідросумішшю. Під дією твердих часток робочого

потоків постійно відбувається руйнування матеріалу деталей насоса й пов'язане із цим зміна геометрії їхнього каналу й поява в деталях наскрізних отворів. Як характерний приклад у прояві першого фактора можна привести зношування лопаток робочого колеса. При проектуванні ґрунтових насосів діаметр робочого колеса й форму його лопаток розраховують відповідно до оптимальних гідравлічних показників насоса й заданої його характеристики. Через зношування порушується оптимальна геометрія лопаток і зменшується діаметр робочого колеса. Це знижує показники H і Q і порушує нормальний режим експлуатації не тільки насоса, але й усього комплексу установок.

Іншими факторами прояву зношування є втрата металу й збільшення непродуктивних простоїв насосів на заміну зношених їхніх деталей. Безумовно, все це є основною причиною зниження експлуатаційних якостей розглянутого встаткування й подорожчання гідромеханізованих робіт.

За середніми даними, на кожні 1000 м³ ґрунту, переробленого способом гідромеханізації, губиться через зношування близько 0,75 кг металу.

Тому що землесосними снарядами виконуються величезні обсяги робіт, то заміна зношених деталей землесосного встаткування і їхня реставрація коштують значних витрат.

Дослідження абразивного зношування ґрунтонасосів дозволяють розкрити основні причини інтенсивного зношування деталей проточного їхнього каналу й намітити раціональні методи боротьби з ним.

Відсутність необхідної теорії гідроабразивного зношування деталей насосів не дозволяє здійснити перерахування отриманих лабораторних даних моделі насоса на промисловий його зразок. У теперешній час є робота з моделювання зношування лопаток робочого колеса, що розглядає це питання для умов перекачування дрібнозернистих ґрунтів. Зовсім неясним залишається моделювання зношування деталей насосів при роботі на сильноабразивних гравійних ґрунтах. Це ставить необхідним проведення досліджень розглянутого питання на промислових зразках насосів, що дозволить одержати для них надійний експериментальний матеріал не тільки якісних, але й кількісних показників.

Інтенсивність зношування насосів залежить від характеру руху твердих часток у проточному каналі й інтенсивності впливу останніх на стінки їхнього каналу. По цих ознаках деталі установок можна підрозділити на наступні групи: деталі, що зношують у результаті контакту з основним потоком гідросуміші (робоче колесо, равлик або відвід), і деталі, що зношують у результаті перетікання пульпи усередині насоса (бронедиски, ущільнювальні кільця й ін.). Були досліджені деталі першої групи, експлуатовані в різних умовах.

Для здійснення наведеного в даній главі комплексу досліджень по зношуванню деталей ґрунтових насосів у ВНІІнеруді побудована експериментальна база, що дозволяє вивчати антиабразивні якості розглянутих установок як на моделях, так і безпосередньо на промислових зразках насосів з витратою від 150 до 2000 м³/ч.

Експериментальна база має 2 великих і 2 малих стенди для випробувань ґрунтових насосів.

Великі стенди землесосних установок побудовані по проекту ГПІ «Проектгідромеханізація» і розраховані на максимальну витрату досліджуваних насосів до 2000 м³/год при номінальній потужності електродвигуна 250 і 600 кВт із напругою 380 і 6000 В.

Стенд (Рис. 7) складається із залізобетонного зумпфа ємністю близько 60 м³, нижня частина якого має форму усіченого конуса, пульпопровода діаметром 300 і 400 мм, системи перемикачів для відбору робочого потоку гідросуміші в мірні ємності обсягом 4 м³ і контрольно-вимірною апаратури.

Досліджуваний насос 10Гру-8т забирав із зумпфа 5 гідросуміш і перекачував її по пульпопроводу 3. Робоча рідина транспортувалася ґрунтонасосом по системі пульпопровода в компенсаційний бак 6, з якого вливалася назад у той же зумпф.

Компенсаційний бак розташовувався над зумпфом і мав призначення регулювати баланс витрати засмоктуваної насосом і вступника назад у зумпф робочої рідини при відборі останньої в мірну ємність 8. Наповнення компенсаційного бака регулювали шиберною заслінкою так, щоб під час перемикання потоку в мірну ємність робоча рідина з компенсаційного бака продовжувала безупинно перетікати в зумпф, завдяки чому рівень води в зумпфі залишався практично постійним.

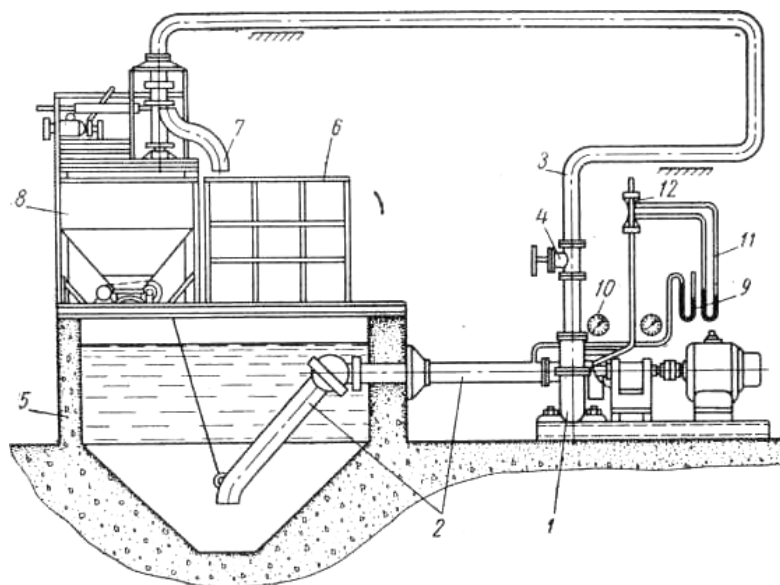


Рис. 7. Стенд для випробувань великих землесосних установок

Для перемикання потоку в мірну ємність на викидному кінці пульпопровода передбачений чепцевий шарнір, що дозволяє повертати навколо вертикальної осі патрубков 7. З метою автоматичного фіксування часу наповнення мірних ємностей він був заблокований з електричним секундоміром ПВ-53 Л.

Подачу води в ущільнювальні зазори між робочим колесом і бронецилиндами, а також на чепцеве ущільнення досліджуваного ґрунтонасоса здійснювали за допомогою насоса ЗК-6, витрату якого визначали витратоміром «Вентурі» 12 по перепаду тиску, заміряному диференціальним манометром ДТ-50.

У процесі роботи мулисті частки роздрібненого ґрунту виносилися із зумпфа через зливальну трубу надлишковим потоком, утвореним у циркуляційній системі стенда внаслідок подачі води в ущільнювальні зазори ґрунтонасоса.

Напір досліджуваного насоса заміряли зразковим, а вакуум - ртутним манометрами. Споживану насосом потужність визначали за показниками контрольно-вимірних приладів ДО-50. Число обертів робочого колеса насоса вимірювали строботометром СТ-МЭ. Витрату ґрунтонасоса визначали об'ємним, а консистенцію гідросуміші - об'ємно-вагарням способами.

З електродвигуна потужністю 160 кВт, з'єданого із ґрунтовим насосом 10Гру-8т, знімали електричну характеристику, у результаті якої отримані графічні залежності впливу навантаження на к. к. д. двигуна.

Малі стенди землесосних установок призначені для досліджень як промислових насосів порівняно малих розмірів, так і модельних установок. Ці стенди являють собою лабораторну установку, що працює по системі відкритої циркуляції робочого потоку.

На (Рис. 8) показаний стенд по дослідженню абразивного зношування промислових зразків ґрунтових насосів. Досліджуваний насос засмоктував робочу рідину із зумпфа 3 і по напірному пульпопроводу 4 діаметром 100 мм повертав її назад у зумпф обсягом 4,5 м³.

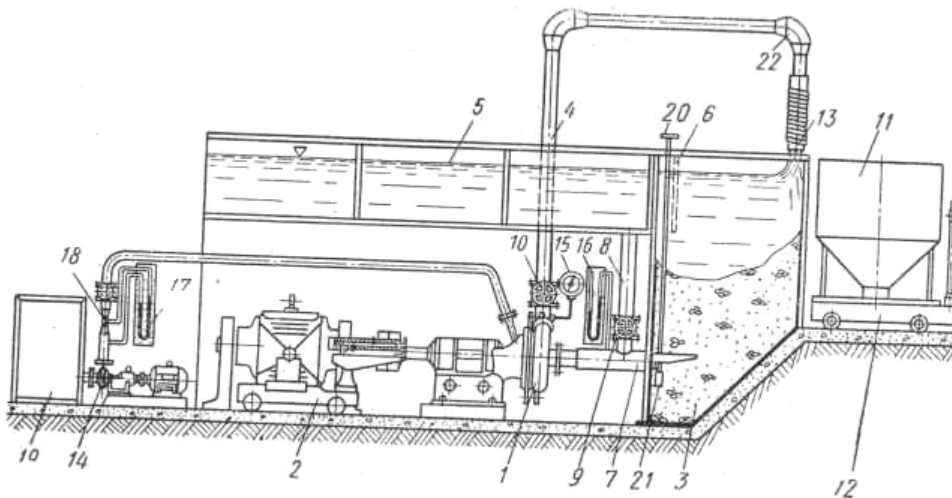


Рис. 8. Лабораторна установка для досліджень абразивного зношування малих насосів

Угорі зумпф з'єднувався з горизонтальним лотком 5, що у значній мірі збільшував розміри зумпфа в плані, що дозволяло підтримувати в ньому рівень води під час відбору робочого потоку в мірну ємність майже постійним. Поворотом гнучкого шланга 13, що перебуває на викидному кінці пульпопровода, робоча рідина направлялася в мірну ємність 11, розташовану на товарних вагах 12. Із зумпфа ґрунт забирався через усмоктувальну трубу 7 діаметром 125 мм, що за допомогою відвідної труби 8 сполучалася з горизонтальним лотком.

З метою подачі води для промивання чепцевого ущільнення вала досліджуваного насоса використали насос 14 типу ЗК-6. Для визначення величини витрати останнього використався витратомір «Вентури», перепад тиску в якому визначався диференціальним манометром 17.

Напір і висоту усмоктування насоса під час проведення експериментів визначали відповідно зразковим і ртутним манометрами 15 і 16, а споживану насосом потужність мотор-вагами 2. Витрата насоса,

як і в попередньому випадку, визначали об'ємним, а консистенцію гідросуміші - об'ємно-вагарням способами. Час відбору проби в мірну ємність визначали звичайним секундоміром.

Лабораторна установка працювала в такий спосіб. Перед запуском насоса заслінкою 21 закривали вхідний отвір усмоктувальної труби 7 шляхом підняття важеля 20. Потім у зумпф засипали визначений по гранулометричному складу ґрунт у кількості, необхідному для завалу їм отвору усмоктувальної труби. Потребну кількість ґрунту в цьому випадку оцінювали візуальним спостереженням через прозору частину стінки в зумпфі з органічного скла. Перед експериментами зумпф із горизонтальним лотком повністю заливали водою. Потім насос запускали в роботу при повністю відкритій засувці 9.

У цьому випадку насос працював на воді. Дроселюванням засувки 10 можна було змінювати витрату насоса, необхідний для зняття його робочої характеристики. Для перекладу роботи насоса на гідросуміш у зумпфі відкривали вхідний отвір усмоктувальної труби шляхом опускання заслінки. Регулюванням ступеня відкриття заслінки 21 і засувки 9 міняли співвідношення води, що надходить до насоса з горизонтального лотка, й засмоктуваного із зумпфа ґрунту.

Консистенцію гідросуміші контролювали відбором проби в мірну ємність 11.

Розглянутий спосіб дозволив у процесі проведення досвідів підтримувати консистенцію гідросуміші, що надходить у ґрунтовий насос, у заданих межах. Відхилення консистенції гідросуміші в досвідах від середньої її величини склало 10-15%.

Під час роботи насоса частки твердого компонента гідросуміші роздрібнюються й гублять свої абразивні властивості. Тому для відновлення втрачених абразивних властивостей ґрунту роздрібнені його частки повинні віддалятися із циркуляційної системи й додаватися нові порції ґрунту.

Для цієї мети служив горизонтальний лоток, куди попадали дрібні частки ґрунту й відстоювалися там. Після кожного експерименту лоток очищали від дрібних часток, що потрапили. З метою запобігання влучення в лоток великих часток перед входом у нього встановлювали сітку 6 з розміном осередків 2,5×2,5 мм. У міру потреби в зумпф додавали нові порції ґрунту.

Слід зазначити, що дослідження абразивного зношування ґрунтових насосів є трудомісткою роботою, що вимагає порівняно більших засобів і часу. При роботі на абразивних гідросумішах зношуванню піддаються не тільки досліджувані деталі насоса, але й окремі частини самого експериментального стенда. Причому найбільш інтенсивному зношуванню піддаються дросельні засувки й коліна.

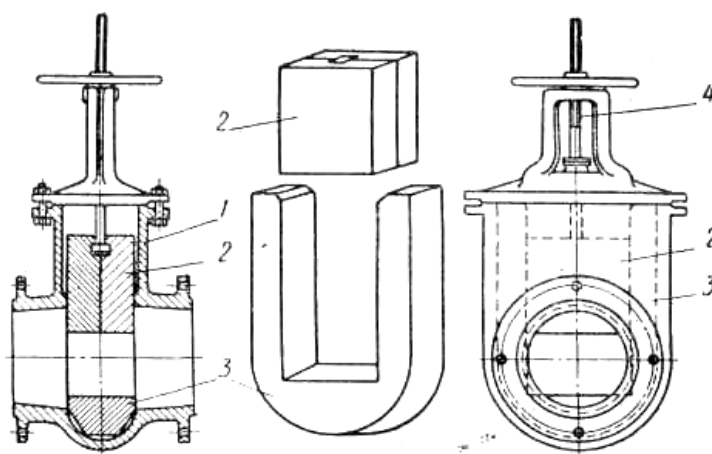


Рис. 9. Модернізована засувка «Лудло» для абразивної гідросуміші

Малий термін служби часто змушував переривати експерименти для заміни зношених деталей,

З метою підвищення довговічності експериментальної установки в стенді застосовували коліна 22 зі збільшеним діаметром стосовно прямих ділянок пульпопровода. Це дозволило знизити швидкість потоку гідросуміші й збільшити тим самим термін служби колін в 5-10 разів. Для підвищення терміну служби засувок «Лудло», використовуваних на експериментальних стендах, були виготовлені змінні частини проточного їхнього каналу.

На (Рис. 9) показана модернізована засувка «Лудло» зі змінними деталями. У корпус 1 вставляли захисний вкладиш 3, що охороняє корпус засувки від впливу на нього абразивних часток. Для дроселювання потоку гідросуміші в напрямні пази захисного вкладиша вставляли затвор 2, що представляє масивну деталь із товстими стінками, що кріпилася до гвинтового штока 4. Це дозволяло зношені частини порівняно легко й швидко замінити новими.

Іноді змінні частини засувки наплавляли зносостійкими сплавами. Термін служби таких засувок збільшився в 6-8 разів.

Зношування робочих поверхонь каналу насосів носить нерівномірний характер. Все зношування можна підрозділити на загальний і місцевий. Перший з них розподіляється по всій поверхні проточного каналу, а другий концентрується на окремих ділянках.

Другий з названих видів зношування викликає швидка поява наскрізних отворів у деталях і зміна довжини й форми лопаток, що є основною причиною малої довговічності розглянутих машин. Загальне зношування, поширюючись по всій поверхні каналу, є основною причиною порівняно великої втрати останніми металу.

На характер зношування деталей насоса істотно впливає крупність ґрунту, що він переробляє. При роботі на піщаних ґрунтах найбільш інтенсивному зношуванню піддаються одні елементи проточного каналу, а на гравійних - інші.

Розглянемо результати досліджень характеру зношування досліджуваних деталей при переробці як порівняно дрібних, так і великих ґрунтів.

При роботі на піску. Вивчення характеру зношування деталей насосів проводили в лабораторних, стендових і виробничих умовах як самостійно, так і паралельно з іншими завданнями досліджень.

Як модельна установка був досліджений насос 5Гр-8, стендової - насоси 10Гру-8т і 12Гр-8 і у виробничих умовах був випробуваний насос 500-60.

Насос 5Гр-8 з деталями проточної частини зі сталі 55Л мав діаметр робочого колеса 325 мм, що обертається із числом обертів 1460 у хвилину. Він переробляв піщану гідросуміш із середньої крупністю зерна твердого компонента 0,5 мм. Дослідження проводили в лабораторних умовах при роботі в оптимальному режимі з витратою 56 л/сек.

Як встановлено, граничне зношування колеса наступило після пропуску насосом 310, а равлика — 480 м³ піску (20—30 годин роботи). Найбільш інтенсивному зношуванню, в робочому колесі, піддався задній диск. Поява в ньому наскрізних отворів визначило такий порівняно малий термін служби розглянутої деталі. Передній диск і лопатки піддавалися незначному зношуванню. Тому з метою доведення до граничного зношування лопат після реставрації заднього диска дослідження були продовжені. Вони показали, що найбільш інтенсивному зношуванню в лопаток піддаються вихідні крайки, особливо в місцях сполучення їх із заднім диском.

При граничному зношуванні лопат товщина їх зменшилася на 40-50%, а діаметр розташування вихідних їхніх крайок з боку заднього диска колеса - на 20-25%.

Інтенсивне зношування заднього диска колеса можна пояснити порівняно великою концентрацією абразивних часток у зоні його розташування.

Висока інтенсивність зношування вихідних крайок лопат може бути пояснена порівняно більшими їхніми окружними швидкостями й відносно високими швидкостями руху абразивних часток на виході з колеса, де концентрація цих часток досить висока.

З метою одержання наочної картини характеру абразивного зношування було випробувано експериментальне робоче колесо з розбірними елементами, виготовленими з нестійкого до зношування матеріалу - алюмінію. На (рис.10) показано таке колесо в зношеному стані.

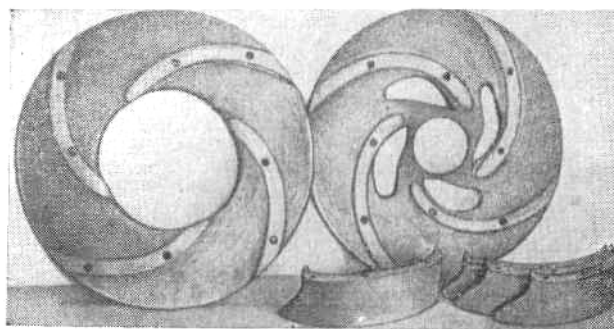


Рис. 10. Характер абразивного зношування окремих елементів проточного каналу робочого колеса насоса 5Гр-8

Ліворуч - передній, а праворуч - задній диски розбірного робочого колеса, виготовлені з алюмінію. Обидва диски мають однакову товщину.

Поява наскрізного зношування в задньому диску визначило ресурс роботи колеса в цілому. Передній диск і лопатки його зношені незначно й придатні до подальшої роботи.

Зношування равлика насоса мало загальний і місцевий характер. Перший вид зношування спостерігався по всьому проточному каналі деталі, а другий - у розрахунковому перетині. Критерієм для визначення граничного терміну служби равлика служила поява наскрізного зношування її стінки в розрахунковому перетині. При граничному зношуванні равлик може втрачати 30-40% своєї первісної ваги.

Найменше зношування деталі в початковому, а найбільший - у розрахунковому перетині її проточного каналу пояснюється розходженням швидкостей потоку гідросуміші. Периферійна стінка равлика особливо в її розрахунковому перетині зношувалася інтенсивніше, ніж бічна стінка. Обидві стінки початкового перетину каналу мали майже однакове зношування.

У насоса 10Гру-8т досліджувалися робочі колеса й равлики, виготовлені зі сталі 55Л. Цей насос мав робоче колесо діаметром 700 мм, що обертається із числом обертів 730 у хвилину. Стендові випробування насоса проводили на піску із середньої крупністю зерен 1,5 мм в оптимальному режимі роботи з витратою 220 л/сек.

Найбільш інтенсивному зношуванню піддалися задній диск і вихідні елементи лопаток. Вихідні елементи лопаток по ширині колеса найбільше інтенсивно зношувалися в місцях сполучення їх із заднім диском. При граничному зношуванні товщина лопаток зменшилася на 40-50%, а діаметр розташування вихідних їхніх крайок у заднього диска - на 18-22%.

Найбільш інтенсивне зношування внутрішнього корпусу равлика насоса спостерігався в розрахунковому перетині каналу. Периферійна стінка каналу зношувалася трохи інтенсивніше, чим бічна. Втрата металу склала при зношуванні: колеса 32%, а внутрішнього корпусу - 35%.

Виробничі випробування насоса 500-60 на піщаних ґрунтах із середньої крупністю зерен 0,9 мм показали аналогічний двом попереднім насосам характер зношування елементів проточного каналу. Найменш стійкими до зношування в насоса виявилися вихідні крайки лопаток і задній диск колеса. Равлик насоса піддавався інтенсивному місцевому зношуванню в розрахунковому перетині каналу в районі сполучення його з напірним патрубком.

При граничному зношуванні колеса товщина лопаток у середній їхній частині (по діаметрі колеса) зменшилася на 30-40%. У напрямку виходу з колеса ці елементи зношувалися з наростаючою інтенсивністю. Найменша товщина лопаток спостерігалася у вихідних їхніх крайок. Втрата металу через зношування деталей розглянутого насоса склала в робочого колеса 34%, а в равлика - 40%.

Таким чином, при переробці піщаних ґрунтів найбільше сильно зношуються вихідні елементи лопаток і задній диск колеса. У каналі

равлика насоса місцеве зношування спостерігається в розрахунковому її перетині.

На дрібних піщаних ґрунтах периферійні й бічні стінки каналу равлика зношуються майже з однаковою інтенсивністю. Зі збільшенням крупності зерна твердих часток інтенсивність зношування периферійних її стінок збільшується.

При роботі на гравійних ґрунтах.

Вивчення зношування деталей при переробці сильноабразивних гравійних ґрунтів проводили з насосами 5Гр-8, 10Гру-8т і 12Р-7. Випробування перших двох насосів проводили в лабораторних і стендових умовах. Насос 12Р-7 випробовували при вивантаженні піщано-гравійної суміші з річкових барж.

Насос 5Гр-8 мав такі ж розміри деталей проточного каналу, як і в раніше розглянутому випадку. Зношування вивчали на гравії із середньої крупністю часток 8,5 мм.

На (Рис.11) показаний характер зношування робочого колеса насоса. Задній диск піддається більшому зношуванню, чим передній. Він має як загальний, так і місцевий характер зношування. Останній проявляється у вигляді наскрізних отворів у задньому диску.

Лопатки колеса піддаються найбільш інтенсивному зношуванню з боку вхідних їхніх крайок. Вихідні крайки лопаток у розглянутому випадку зношуються незначно. Мале зношування лопаток на виході з колеса пояснюється кінематикою руху порівняно великих абразивних часток у міжлопаточному просторі колеса. Абразивні частки виходять із колеса під більшим кутом, чим кут виходу лопат. Тому вони не можуть впливати на вихідні елементи лопаток.

На (Рис.12) показаний характер абразивного зношування равлика розглянутого насоса. Найбільшому абразивному зношуванню піддаються периферійні стінки каналу, особливо в розрахунковому перетині II. Бічні стінки залишаються малозношеними. З малюнка видно, що інтенсивність зношування периферійних стінок також не залишається постійної. Починаючи від перетину 1 і до самого напірного патрубку равлика зношування їх зростає.

Найбільше зношування їх, що виразилося в появі наскрізних отворів, спостерігається в розрахунковому перетині равлика. Це можна пояснити підвищенням швидкості руху абразивних часток у равлику в напрямку потоку гідросуміші до напірного її патрубка.

Візуальний огляд проточного каналу равлика показав, що зношені елементи мають рівну поверхню. Вона покрита численними дрібними вибоями у вигляді лунок, що свідчать про удар абразивних часток.

Насос 10Гру-8т досліджували в стендових умовах при переробці гравію середньої крупності 11 мм. Характер абразивного зношення його деталей залишався аналогічний характеру зношення насоса 5Гр-8.

У робочого колеса задній диск зношувався інтенсивніше переднього, а лопатки піддавалися швидкому зношенню з боку вхідних крайок. На поверхнях, що зношувались, спостерігалися вибої в металі у вигляді лунок.

Равлик насоса найбільш інтенсивному зношенню піддавався в розрахунковому перетині каналу. Периферійні її стінки, особливо в розрахунковому перетині, піддавалися значно більшому зношенню, чим бічні. Напірний патрубок равлика мав рівномірний по окружності характер зношення.

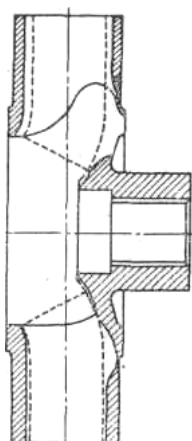


Рис. 11. Характер зношення робочого колеса насоса 5Гр-8 при роботі на гравії:

Штриховими лініями позначені контури проточного каналу нового, а суцільними — зношеного колеса. Нижня половина колеса відповідає перекачці 480, а верхня — 990 т гравія. У другому випадку кількість перекачаного ґрунту приймали з урахуванням реставрації заднього диска колеса

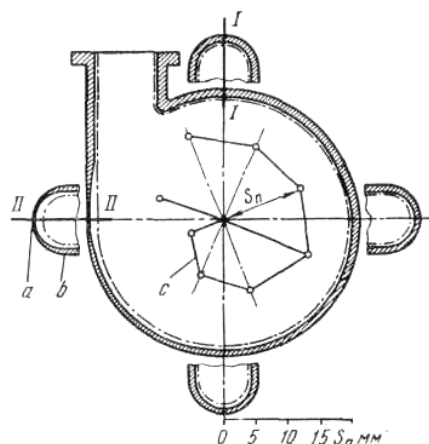


Рис. 12. Характер зношення равлика насоса 5Гр-8 при роботі на гравії:

I-а II — відповідно початковий і розрахунковий перетин каналу равлика; а и б — відповідно периферійна й бокова стінки равлика; с, σ_n — відповідно еюра зношення і товщина стінки а в різних її перетинах. Для виявлення товщини стінки а внизу приведена шкала, яка відноситься до еюри зносу. Штрихпунктирні лінії відповідають новому равлику, а суцільні — зношеному.

Насос 12P-7 був випробуваний на піщано-гравійному ґрунті зі змістом гравію до 20%. Випробування показали, що найбільш інтенсивному зношуванню в робочому колесі, як і у двох попередніх випадках, піддаються вхідні крайки лопаток, а в равлику насоса швидке зношування стінок каналу відбувається в розрахунковому її перетині. Зношування периферійних стінок відбувалося значно сильніше, чим бічних.

Таким чином, дослідження виявили характер абразивного зношування деталей насосів при роботі як на піщаних, так і на гравійних ґрунтах. Вони свідчать про істотний вплив крупності ґрунту, що переробляється, на перерозподіл місць інтенсивного зношування проточного каналу насоса. При переробці дрібних піщаних ґрунтів найбільш інтенсивному зношуванню піддаються вихідні елементи лопат, а при переробці гравійних ґрунтів - вхідні. Крім того, крупність ґрунту значно впливає на співвідношення величини зношування периферійних і бічних стінок каналу равликів. Великі абразивні частки викликають інтенсивне зношування перших з названих елементів, а дрібні піщані ґрунти сприяють більш-менш рівномірному зношуванню всього каналу равликів.

Як піщані, так і гравійні ґрунти викликають більше зношування заднього диска колеса, чим переднього (з боку внутрішньої їхньої частини). В обох випадках найбільш інтенсивному зношуванню піддаються равлики в розрахунком їхньому перетині.

Наявність у проточному каналі ґрунтових насосів місць із підвищеною інтенсивністю їхнього абразивного зношування знижує термін служби тієї або іншої деталі в цілому.

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ НАЙБІЛЬШ ЗНОШУВАНИХ ДЕТАЛЕЙ. РАВЛИК (ВНУТРІШНІ КОРПУСИ).

Абразивне зношування цих деталей не викликає помітного зниження енергетичних показників насосів. Однак підвищення їхньої зносостійкості має першорядне значення. Це викликано труднощами заміни зношених деталей новими, порівняно більшими витратами засобів і непродуктивних простоїв усього технологічного встаткування.

Проведені дослідження показали, що форми каналу й конструкції сучасних равликів недостатньо досконалі. Це підтверджується тим, що

більші швидкості потоку гідросуміші в їхньому каналі й особливо в розрахунковому перетині викликають інтенсивне зношування деталей, наявність циркуляційних мас потоку гідросуміші викликає додаткове зношування равликів, а окремі елементи їхнього каналу не відповідають вимогам рівностійкості до зношування. Природно, удосконалення конструкцій равликів повинне бути спрямоване на усунення цих недоліків.

Зниження швидкості потоку гідросуміші в місцях інтенсивного зношування каналу равликів. Тому що зношування пропорційне кубу швидкості, то одним з основних напрямків у підвищенні терміну служби равликів є зниження швидкостей потоку гідросуміші.

Швидкість потоку гідросуміші можна знизити шляхом збільшення площі перетину каналу деталей. Однак цей захід може викликати додаткові гідравлічні втрати в насосі. Рекомендується знижувати швидкість потоку в равлику не у всьому перетині каналу, а тільки в районі розміщення периферійної стінки шляхом зміни форми перетину. Воно досягається збільшенням радіального розміру перетину равлика за рахунок зменшення ширини його до розміру, близького до ширини робочого колеса. Таке конструктивне рішення дає можливість підвищити термін служби розглянутих деталей приблизно на 30%. Крім того, у цьому випадку вдало вирішується питання сполучення поверхонь дисків робочого колеса й равлика, що дозволяє намітити шляхи зниження циркуляційних мас потоку в розглянутій деталі.

Зниження циркуляційних мас потоку гідросуміші. Равлики в початковому перетині мають порівняно більші прохідні розміри, які визначаються безперешкодним пропуском умовної кулі діаметром, рівним ширині колеса b_1 (Рис.13). У цьому випадку равлики, у яких ширина каналу в початковому його перетині не перевищує ширину колеса, будуть мати найменший циркуляційний потік стосовно інших конструкцій равликів.

На (Рис.13) наведені характерні конструкції ґрунтонасосів. У третьому варіанті конструкції площа початкового перетину значно менше.

Таким чином, вона в меншому ступені, чим інші, сприяє утворенню циркуляційних мас потоку гідросуміші. Це свідчить про порівняно кращі її антиабразивні якості.

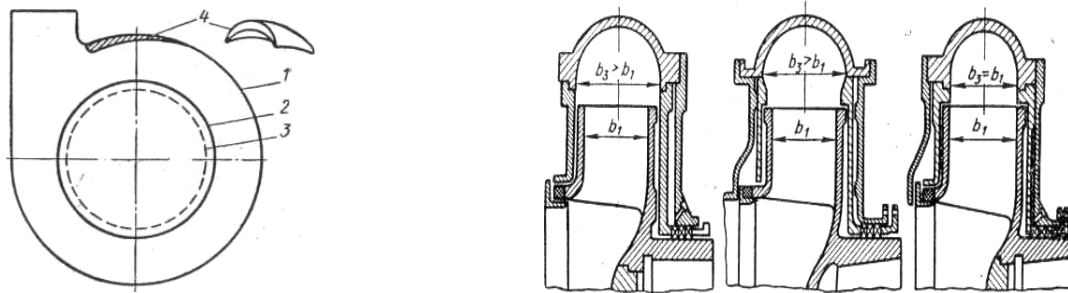


Рис. 13. Характерні конструкції каналу ґрунтових насосів:

b_1 , и b_3 — ширина відповідно робочих колес і равликів; 1 — равлик насоса з компенсуючою вставкою; 2 и 3 — контури діаметру відповідно нормального і обточеного колеса; 4 — компенсуюча вставка

Іноді для розширення області використання ґрунтових насосів обточують робочі колеса по зовнішньому діаметрі, а потім використовують ці деталі в тім же самому равлику. З аналізу існуючих конструкцій виявлено, що при гранично припустимому обточуванні робочих коліс на 10-15% збільшення перетину каналу равлика в районі рівчака циркуляційних мас гідросуміші може досягати 25-30%. Таке велике збільшення площі початкового перетину каналу равлика викликає додаткова витрата циркуляційних мас абразивної гідросуміші, що сприяє підвищенню зношування.

З метою усунення цього недоліку доцільно в початковому перетині вставляти відповідній формі каналу равлика компенсуючу вставку, як це показано на (рис 13). Товщина її повинна відповідати величині обточеної частини колеса.

Створення робочих коліс із рівностійкими до зношування елементами. Як показали дослідження, що існуючі конструкції робочих коліс не відповідають вимогам рівностійкості до зношування окремих своїх елементів. Так, задній диск їх зношується швидше переднього, а ресурс роботи лопаток не відповідає терміну служби заднього диска. Ці всі фактори тісно пов'язані з фізичною сутністю процесу руху абразивних часток у каналі насоса. Тому усунути їх повністю не представляється можливим.

За даними літературних джерел, інтенсивність зношування заднього диска можна трохи знизити за рахунок раціональної форми

меридіонального перетину робочого колеса. Однак і в цьому випадку абразивні частки продовжують переважно впливати на задній диск.

Таким чином, задній диск колеса піддається більшому впливу абразивних часток, чим передній. Тому для рівності до абразивного зношування заднього й переднього дисків товщина першого повинна бути більше другого.

Підвищення терміну служби робочих коліс шляхом зниження відносної швидкості абразивних часток. Дослідження кінематики руху великих абразивних часток (гравію) у насосі показали, що відносна швидкість їх у момент удару об вхідні крайки лопаток близька по величині окружної швидкості останніх. Природно, для підвищення терміну служби лопаток необхідно знизити окружну швидкість вхідних їхніх крайок і в першу чергу тієї частини, що прилягає до заднього диска колеса.

Окружну швидкість вхідних крайок лопат можна знизити двома способами: зниженням числа обертів робочого колеса й зсувом при проектуванні розглянутих елементів на окружності менших діаметрів. Перший із цих способів відноситься до режиму експлуатації насосів, а другий - до конструювання робочих коліс.

Відомо, що переміщення вхідних елементів лопаток до осі насоса паралельно вихідному їхньому положенню, через звуження площі входу в міжлопаточний канал пов'язане з деяким зниженням кавітаційних якостей насоса. Тому цей спосіб можна застосовувати в обмежених межах. Ці межі можна трохи розширити, якщо переміщати на менші діаметри тільки частина вхідної крайки, що розташовується в заднього. диска колеса, зберігаючи незмінним положення її у переднього диска. У цьому випадку вхідні елементи лопаток здобувають різко виражену форму косих крайок. Робочі колеса з такою формою вхідних крайок лопат мають підвищені антиабразивні якості.

Випробувано на зношування колесо насоса 10Гру-8т з новим варіантом розташування їхніх крайок. У цього колеса вхідні крайки лопаток були зміщені на 50 мм, у заднього диска на окружність меншого, а в переднього диска — на окружність більшого діаметра. Це дало можливість не тільки перемістити швидкозношувані частини лопаток у зону менших окружних швидкостей, але й дозволило при цьому зберегти колишніх розмірів площу входу в міжлопаточний канал і прохідні

розміри колеса. Тому що вхідні елементи лопаток у переднього диска піддаються малому впливу абразивних часток і працюють у зоні потоку гідросуміші, абразивні частки в якого віджаті до заднього диска, то переміщення їх на окружності більшого діаметра не викликало побоювання в істотному підвищенні інтенсивності їхнього зношування. Таке розміщення вхідних елементів лопат не знижувало припустимої висоти усмоктування.

Така модернізація дозволила збільшити довжину тієї частини лопатки, що найбільше інтенсивно піддається зношуванню, створивши як би запас металу на зношування. Дійсно, якщо у звичайного колеса діаметр розташування вхідних крайок лопат у заднього диска мав величину $D_3=252$ мм, те в нового $D_3 = 202$ мм.

Як показали випробування, модернізоване в такий спосіб колесо пропустило 8,7 тис. м³ гравію, у той час як звичайне переробило лише 5,6 тис. м³.

Досліди свідчать про те, що форма вхідних крайок лопат впливає на підвищення терміну служби робочих коліс, експлуатованих в умовах переробки гравійних ґрунтів. Підвищення довговічності розглянутих деталей у цьому випадку можна домогтися за рахунок зниження окружних швидкостей швидкозношуваних елементів лопат і збільшення довжини останніх у зоні інтенсивного впливу на них абразивних часток.

Застосування зносостійких матеріалів для ґрунтових насосів є ефективним заходом у підвищенні довговічності землесосного встаткування.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ҐРУНТОВИХ НАСОСІВ.

Основними завданнями по підвищенню довговічності ґрунтових насосів є вибір раціональної конструкції насосів і вибір методів підвищення їхньої зносостійкості.

Застосування покриттів з абразивних матеріалів. Застосування покриттів з абразивних матеріалів для підвищення терміну служби деталей насосів знаходить застосування як у закордонній, так і у вітчизняній практиці.

Розроблено й освоєна технологія виготовлення корундированих ґрунтонасосів 8Грк-8 і 5Грк-8. З метою збільшення терміну служби цих

насосів їхній проточний канал покривають футеровкой шаром товщиною 30 мм, що складається із суміші електрокорунда певного гранулометрического состава й бакелітового лаку. Футеровки равликів здійснюється в прес-формах (Рис. 14) і після термічної обробки вона здобуває підвищену зносостійкість.

З метою виявлення зносостійких якостей були проведені порівняльні випробування дослідно-промислового корундированого ґрунтонасоса 8Грк-8 і насоса 8Гр-8т, у якого деталі виготовлені з високохромистого чавуну ИЧХ30Н2.

Обидва насоси працювали в однакових умовах на переробці роздрібної в кульових млинах мідно-молібденової руди.

Тому що у випробуваних насосах установлювали однакові робочі колеса зі сплаву ИЧХ30Н2, то при порівнянні зносостійких якостей насосів у розрахунок приймали термін служби равликів у першому випадку корундированної, а в другому - звичайної, зі згаданого вище сплаву. У табл. 7.2 наводяться дані випробувань цих насосів.

Для порівняння зношування корундированого равлика зі звичайної в таблиці наведена відносна зносостійкість.

Якщо для равлика насоса 8Гр-8т прийняти відносну зносостійкість за одиницю, то для равлика насоса 8Грк-8 вона складе 3,56.

Таким чином, зносостійкість корундированого равлика більш ніж в 3 рази вище зносостійкості равлика зі сплаву ИЧХ30Н2. При цьому вартість насоса, футерованого корундом, усього лише на 17% вище звичайного.

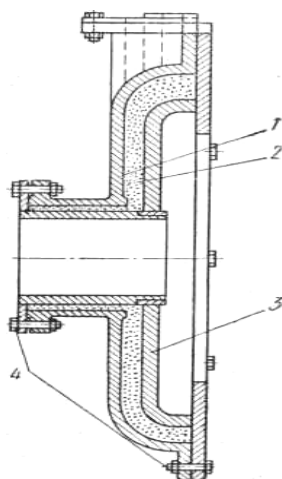


Рис. 14. Прес-форма для корундування внутрішнього каналу равликів ґрунтових насосів:

1 — равлик; 2 — абразивне покриття (футеровка);
3 — прес-форма; 4 — зажимні болти

Використання зносостійкого сплаву 300X12M. Розглянутий вище сплав ИЧХ28Н2, що широко застосовується в насособудуванні, як відомо, важко піддається механічній обробці на металорізальних верстатах. Його можна проточувати лише з малою швидкістю різання (8—10 м/хв), а нарізати різьблення на деталях із цього сплаву й довбати шпонкові канавки взагалі неможливо. Електроерозійна обробка його часто приводить до утворення тріщин, що знижує механічну міцність деталей.

У ВНІПТУглемаші розроблений сплав 300X12M. Він при відповідній термічній обробці (відпал при температурі 860—880° С) здобуває властивості, що дозволяють застосовувати механічну обробку.

Швидкість різання сплаву в цьому випадку підвищується приблизно в 3 рази в порівнянні зі сплавом ИЧХ28Н2. Після механічної обробки деталі зі сплаву 300X12M піддають загартуванню й наступній їхній відпуску. Загартування здійснюють шляхом нагрівання сплаву до температури 920—940° С и певної витримки його при цих умовах. Відпуск деталей здійснюється при температурі 200° С на протязі 2 год.

Випробування деталей насосів 8Гр-8М зі сплаву 300X12M на збагачувальній фабриці Ново-Криворізького гірничо-збагачувального комбінату показали, що при перекачуванні гідросуміші, що містить абразивні частки крупністю 0,07—0,5 мм, термін служби насоса підвищився в 1,4 рази в порівнянні з насосом зі сплаву ИЧХ28Н2.

Були проведені випробування бронедисків насоса 8НЗУ зі згаданого сплаву, що працює в більше важкі по абразивності умовах. Розроблювальний земснарядом кар'єр складався із ґрунту IV категорії зі змістом гравію близько 40%. По даним цього інституту, згадані деталі зносилися після пропуску насосом 60 тис. м³, у той час як цієї ж деталі зі звичайної сталі зношувалися після переробки 5—6 тис. м³ такі ж ґрунти. Інститутом відзначена дефектність лиття дослідних деталей, на поверхні яких були виявлені тріщини.

Слід зазначити, що бронедиски майже не відчувають ударних навантажень валунів і великоуламкового матеріалу. Вони в основному піддаються стиранню під дією абразивних часток, що попадають у зазори між розглянутими деталями й зовнішньою частиною дисків робочого колеса. Тому бронедиски не є характерними деталями, по випробуванню яких можна було б судити про зносостійкість інших відповідальних детал-робочих коліс і равликів. Для всебічної перевірки зносостійких

властивостей сплаву 300X12М стосовно до ґрунтових насосів доцільно виготовити дослідницькі зразки робочих коліс і равликів і випробувати їх у різних виробничих умовах.

Використання сталі 40ХГСНЛ. ВНІІГідромашем для деталей проточного каналу ґрунтових насосів рекомендована сталь 40ХГСНЛ. Для підвищення зносостійкості сталь піддається термічній обробці.

Були проведені випробування робочого колеса насоса 20Р-11, вставні лопатки якого були відлиті із цієї сталі. Насос працював на сильноабразивних ґрунтах зі змістом гравію 35%. За звітними даними термін служби досліджуваного колеса підвищився в 1,3 рази стосовно звичайного робочого колеса зі сталі 35Л. За даними літературних джерел, ця сталь в аналогічних умовах може підвищити термін служби деталей насосів до 3 разів. Таким чином, розглянута сталь становить певний інтерес для виготовлення деталей ґрунтових насосів.

Використання сталі Г13Х2Л. Сталь Г13Х2Л знаходить широке застосування для деталей машин, що піддаються ударним навантаженням. За замовленням ВНІІНеруду були відлиті лопатки насосів 5Гр-8, 10Гру-8т і 20Р-11МР із зазначеної сталі для випробувань.

Випробування робочих коліс зі зносостійкими лопатками для насосів 5Гр-8 і 10Гру-8т проводилися на стендах у ВНІІНеруді при перекачуванні ґрунтів різного гранулометричного складу, у тому числі й гравію крупністю 10—20 мм. Крім того, з насосом 10Гру-8т проводили спеціальні випробування по перевірці роботи колеса на валунах розміром 100—150 мм. Як показали випробування, термін служби лопаток з розглянутої сталі підвищився більш ніж в 3 рази стосовно лопаток, зі звичайної сталі 55Л.

Таким чином, приклади використання матеріалів 300X12М, 40ХГСНЛ і Г13Х2Л свідчать про те, що вже є можливість істотно підвищити термін служби ґрунтових насосів, що працюють у важких абразивних умовах. Для виявлення області використання розглянутих вище матеріалів необхідно виготовити з них промислові зразки насосів і випробувати їх у різних умовах, у тому числі й при роботі на сильноабразивних гравійних ґрунтах з великими включеннями.

Термічна обробка деталей зі сталі 55Л. У насособудуванні широко застосовується якісна сталь 55Л твердістю 200—230 *кгс/мм²*. Із цієї сталі звичайно виготовляють деталі проточного каналу ґрунтових насосів.

Для підвищення твердості, а отже, і зносостійкості цієї сталі була зроблена відповідна термічна обробка дослідної партії знімних лопаток розбірному колесу насоса 5Гр-8.

Випробування їх у ВНІІнеруді показали, що при переробці ґрунтів крупністю від 0,5 до 17 мм зносостійкість лопаток з термічно обробленої сталі в 2,4 рази вище, ніж зі звичайної.

У такий спосіб розкриваються перспективи підвищення терміну служби деталей насосів, виготовлених зі сталі 55Л, шляхом термічної їхньої обробки. Цей метод простий і не вимагає великих витрат.

Зносостійкі електронаплавки. Машинобудівні заводи більшість ґрунтових насосів випускають із нестійких до зношування сталей. Тому на виробничих підприємствах, де експлуатують ці насоси, змушені тим або іншим способом зміцнювати робочі поверхні їхнього каналу. Найбільше часто в цьому випадку використовується електронаплавка твердими сплавами.

З 30 обстежених гідромеханізованих підприємств на 24 з них відновлення форми зношених деталей насосів робили в основному електронаплавкою крейдовими електродами, а зміцнення їхніх робочих поверхонь - якісними електродами Т-590 і Т-620. Значно рідше використають електроди ЕТН-1 і ЕТН-2. Для зниження трудомісткості операції часто використають автоматичне наплавлення порошковим дротом у сполученні з відповідним флюсом і напівавтоматичним наплавленням сталінітовими пластинчастими електродами.

За даними підприємств, розглянутий спосіб дозволяє в 2 і більше рази збільшити термін служби деталей насосів при роботі їх на піщаних ґрунтах, якщо відсутні ударні навантаження великих абразивних часток і валунів.

При роботі на гравії наплавлений шар зносостійкого сплаву досить швидко руйнується й відпадає. Таким чином, розглянутий метод підвищення терміну служби деталей найбільше ефективно використається для насосів, що працюють на піщаних ґрунтах.

Гуммування деталей насосів. Закордонні фірми наводять дані про те, що термін служби гумованих насосів в 10-50 разів вище, ніж насосів, виготовлених із чавуну. Таких порівняно високих антиабразивних якостей гуми вони звичайно досягають використанням натурального каучуку або певних співвідношень натурального й синтетичного каучуку.

У практиці для **гуммування** деталей піщаних насосів до останнього часу застосовувалася гума 8ЛТИ на основі синтетичного каучуку, що показала порівняно низьку зносостійкість. Знаходить застосування зносостійка гума марок 2566 і 6252 на основі синтетичного й натурального каучуку.

Для випробувань цих гум у ґрунтових насосах ряду «Гр» ВНІГідромашем був розроблений технічний проект ґрунтового насоса 5Гр-8Гум, призначеного для перекачування абразивної гідросуміші (рис.15). По цьому проекті був виготовлений дослідний зразок насоса 5Гр-8Гум, гумований зносостійкою гумою марки 6252, а ВНІНеруд випробував його.

Після 568 ч роботи, що відповідало 13639 м³ перекачаного піску, стан гуми був цілком задовільним і насос був придатний до подальшої експлуатації, тому що на його робочих поверхнях були лише невеликі сліди зношування.

Звичайний насос зі сталі 55Л у цих умовах переробляв близько 1600 м³ піщаного ґрунту.

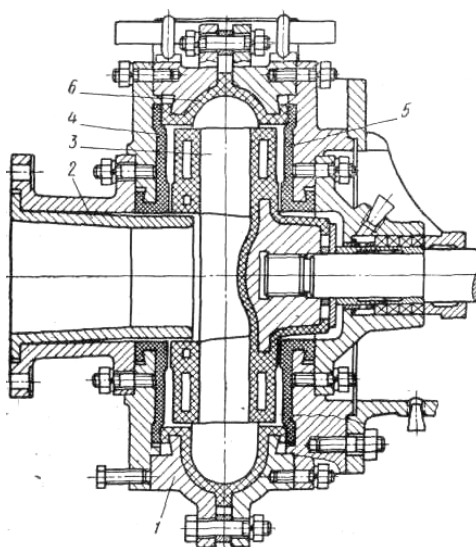


Рис. 15. Гумований насос 5Гр-8Гум

1 і 2 - металеві корпус і патрубок; 3 - гумоване робоче колесо; 4, 5 - знімне гумове облицювання відповідно передньої й задньої кришок насоса; 6 - знімне гумове облицювання внутрішньої частини корпусу.

З викладеного випливає, що насос 5Гр-8Гум, гумований гумою марки 6252, має досить високі антиабразивні якості при переробці піщаних ґрунтів крупністю до 5 мм.

На (рис.16) наведена робоча характеристика насоса 5Гр-8Гум на воді. Його енергетичні показники досить високі й не уступають звичайному насосу цього типу.

Процес покриття робочих поверхонь деталей насоса гумою є поки ще трудомістким, потребуючим спеціальних пристосуванні й складних технологічних прийомів.

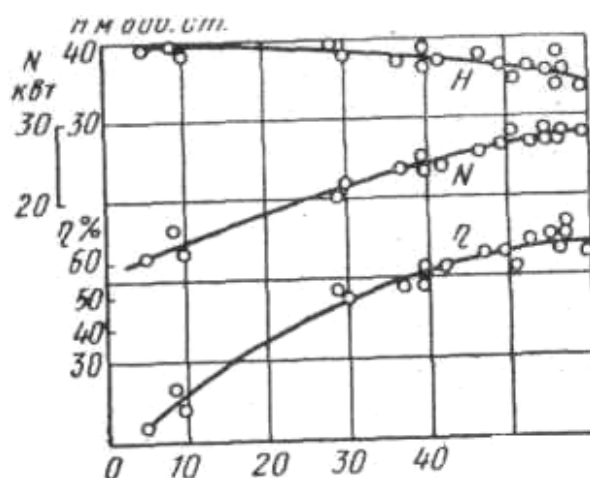


Рис. 16. Робоча характеристика гумованого насоса 5Гр-8Гум:
 η - к.к.д.; H - напір; N - споживана насосом потужність

Проточний канал ґрунтових насосів піддається як рівномірному, так і місцевому абразивному зношуванню. Останнє є однією з основних причин порівняно швидкого виходу з ладу деталей насосів. Локальне зношування виникає там, де потік змінює свій напрямок, рухається з великою відносною швидкістю, є зони завихрень або з'являються циркуляційні маси абразивної гідросуміші. Таким чином, з метою підвищення терміну служби насосів необхідно передбачати такі форми їхнього проточного каналу, які могли б протистояти зношуванню або знизити ступінь впливу цих факторів.

Зносостійкі гідравлічні форми каналу насосів. Створення стійких до зношування форм проточного каналу насосів нових марок ряду «Гр» базується на дослідженнях ВНІГІдромаша, що свої експерименти проводив при роботі насосів на піщаній гідросуміші із крупністю твердого компонента 2—4 мм. Розроблені ним зносостійкі форми

деталей насосів можуть задовольняти вимогам зносостійкості при перекачуванні ґрунтів дрібні фракції. Для цих умов роботи кут виходу лопаток робочих коліс насосів ряду «Гр» приймають 20-25%.

По даним Горьківського інституту інженерів водного транспорту цей кут може бути знижений до 10° . Так, у робочого колеса насоса 12Р-7, у якого лопатки були виконані з кутом виходу 10° замість 30° , довговічність підвищилася в 1,8 разів.

З метою зменшення зношування заднього диска робочого колеса; дослідним шляхом підбирається форма меридіонального перетину колеса. Вхідні крайки лопаток цих насосів розташовуються на трохи більших радіусах, де потік при вході на лопатки має менший поворот.

Як показали дослідження ВНІІНеруду, таке розташування крайок лопаток доцільно при роботі на піщаних ґрунтах.

При розробці зносостійких конструкцій равликів необхідно знижувати в них швидкості гідросуміші, особливо в їхньому розрахунковому перетині. Це зрозуміло, тому що величина абразивного зношування пропорційна швидкості потоку гідросуміші в кубічному ступені.

Ця циркуляція викликає додаткове зношування равликів. Однак у силу конструктивної особливості деталі, що полягає в необхідності пропуску нею великих включень розроблювальних ґрунтів, повністю запобігти появі циркуляційного потоку в насосів не вдається. Однак знизити його частково можливо.

Дослідження показують, що рішення цього завдання може підвищити термін служби равликів ґрунтових насосів.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ.

Дослідження гідроабразивного зношування матеріалів.

Відомо, що характер і інтенсивність зношування матеріалу істотно залежать від умов впливу на нього абразивних часток. Це сильно впливає на довговічність устаткування гідромеханізації в тому числі й ґрунтових насосах. Так, у ґрунтових насосів руйнування вхідних крайок лопат відбувається в основному за рахунок удару про їх абразивних часток, що викликає пластичну деформацію матеріалу у вигляді численних вибоїв і лунок, а механізм зношування вихідних їхніх крайок визначається сколюванням матеріалу або зрізанням мікростружок, про що свідчать численні канавки й ризики на зовнішній поверхні.

Метод дослідження відносної зносостійкості матеріалів за допомогою циліндричних зразків, поміщених у потік гідросуміші, або інші відомі методи не дозволяють досить точно імітувати роботу деталей насосів в умовах порівняно більших ударних навантажень, що зустрічаються при переробці гравійних ґрунтів з валунами. Тому у ВНІНеруде в минулому проведені досвіди по пошуку стійких до зношування металів для ґрунтових насосів, що працюють у реальних умовах.

Для дослідження було виготовлено розбірне робоче колесо до насоса 5Гр-8 діаметром 325 мм зі знімними лопатками, виконаними з різних металів, зносостійкість яких необхідно було визначити. Перед випробуванням це колесо комплектували чотирма лопатками: одну - зі сталі Ст. 3, що служила еталоном, а три інші - з досліджуваних на зношування інших сталей.

Робоче колесо із вставними лопатками поміщали в насос, установлений на звичайному стенді, що працює по відкритій системі циркуляції потоку гідросуміші.

В іншому розглянута методика не відрізнялася від загальноприйнятої й полягала в зношуванні лопат при перекачуванні насосом абразивної гідросуміші. Величину зношування цих деталей визначали шляхом зважування їх до й після досвіду на вагах з точністю до 0,1 р.

Тому що всі чотири, лопатки випробовували на тому самому робітнику колесі, то роздрібнений у якомусь ступені в процесі роботи ґрунт заміняли на свіжий після завершення кожного циклу експериментів.

Крупність ґрунту в експериментах визначали за середнім значенням розміру його зерен до й після завершення кожного циклу.

Насоси працювали на гравійних ґрунтах крупністю 17-20 мм в оптимальному його режимі. Для експериментів ґрунт брали з того самого штабеля, а потім розсіювали його на сита по фракціях.

Матеріали були обрані на підставі попереднього аналізу їхньої зносостійкості, певної за даними підприємств.

Завдання випробувань складалося у визначенні зносостійкості цих матеріалів стосовно до ґрунтових насосів для переробки великих гравійних ґрунтів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Найкращими антиабразивними якостями володіють сталь Г13Х2Л и сплав ИЧХ28Н2. Трохи меншу стійкість до зношування має сплав ИЧХ16МТ, термічно оброблена сталь 55Л и сталь 70ХЛ, хімічний склад яких приводиться в табл. 11.

Інші матеріали по своїх зносостійких якостях мало відрізняються від сталі Ст.3.

Досліди показують, що для насосів порівняно дрібних розмірів, у яких через малі прохідні перетини каналу включається можливість влучення великих включень ґрунту, поряд зі сталлю Г13Х2Л можуть застосовуватися сплави ИЧХ28Н2 і ИЧХ16МТ.

У цьому випадку їхня зносостійкість у кілька разів вище зносостійкості насосів, виконаних зі звичайної середньовуглецевої сталі 55Л. Для цих умов досить корисною може виявитися термічна обробка сталі 55Л.

Поряд з високими антиабразивними якостями високохромистий чавун ИЧХ28Н2 має й істотні недоліки. Вони полягають у тім, що через велику твердість цього сплаву утруднена його механічна обробка, а при роботі насоса на гідросуміші, що містить великоуламкові включення, механічна міцність його виявляється недостатньою. Так, стендові випробування насоса 12Гр-8т із цього сплаву, проведені у ВНІІнеруді, показали, що влучення в переробляемому ґрунті, навіть одиничних валунів розміром 100-150 мм істотно впливає на міцність деталей насоса. На лопатках виникали тріщини, а потім відколи. Спостерігалися випадки, коли при роботі навіть на піщаних ґрунтах через великий крутного моменту в робочому колесі з'являлися тріщини.

ВНІІГідромаш рекомендує застосовувати для деталей ґрунтових насосів сплав високохромистого чавуну ИЧХ16МТ із добавкою молібдену й титана. Цей сплав вигідно відрізняється попереднього сплаву тим, що у відпаленому стані він краще піддається механічній обробці. Як показали випробування на піщаному ґрунті, він має трохи знижені анти абразивні якості стосовно сплаву ИЧХ28Н2. Цей сплав знаходить застосування при виготовленні піщаних насосів на Уфимському заводі гірського встаткування, що випускає насоси порівняно невеликих розмірів.

Таким чином, для малих насосів зараз не стоїть така гостра проблема в підвищенні строку їхньої служби, як для насосів великих розмірів. Якщо для перших можна використати високохромисті чавуни, то для других ці

сплави не дають таких переваг через недостатню ударну їхню в'язкість. Тому для таких умов ґрунтонасоси змушені виготовляти зі звичайної сталі 55Л, що має низькі антиабразивні якості.

У цьому зв'язку здобувають особливе значення спеціальні сталі, які поряд з вимогою підвищеної зносостійкості могли б задовольняти й умові міцності. До такої сталі можна віднести високомарганцовисту сталь Г13Х2Л, що показала порівняно високу зносостійкість стосовно сталі 55Л.

Тому були проведені додаткові випробування сталі Г13Х2Л для умов переробки гравію з більшим змістом валунів розміром 100-150 мм. Ці випробування здійснювали на стенді більших землесосних установок експериментальної бази ВНІНеруда. Як досвідчений зразок був прийнятий насос 10Гру-8т, лопатки робочого колеса якого були виготовлені зі згаданої сталі.

Через підвищений термін служби, що вимагає тривалих експериментів, лопатки не вдалося довести до граничного зношування. Однак отримані дані свідчать не тільки про високі антиабразивні якості сталі Г13Х2Л, але й цілком задовільної її міцності. Поряд з пошуком нових матеріалів, не менш важливе значення має підвищення зносостійкості існуючих сталей шляхом їхньої термічної обробки.

ВИСНОВКИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

У системі безперервного виробництва, у якому насосам відведена значна роль у підтримці технологічного процесу, надійності й довговічності цього виду встаткування варто приділяти велику увагу. Надійність насоса, як властивість виконувати задані функції, зберігаючи в певних межах експлуатаційні режими протягом необхідного проміжку часу, обумовлюється безвідмовністю, ремонтпридатністю й довговічністю всіх деталей. На надійність насосів, що транспортують високоабразивні суміші, впливає: стан робочих коліс, бронецилиндрів, чепцевих ущільнень і ущільнень деталей з боку підведення потоку в робочі колеса; порушення герметизації в ущільнюючих з'єднаннях; ослаблення кріплень робочих коліс, вібрації роторів насосів і вихід з ладу підшипникових вузлів.

Показником довговічності як властивості деталей зберігати працездатність може бути прийнятий термін служби деталей до їхнього граничного стану (зношування). Цей термін служби виключає всі

ремонтні простої, якщо дана деталь після відновлення продовжує виконувати свої функції. Прагнення до прогнозування довговічності деталей насосів з достатньою точністю поки не принесло позитивних рішень. Причиною цьому є різноманітні види абразивних сумішей, швидкості переміщення, розходження в їхні абразивності, умови експлуатації насосів і т.п. Навіть зміна одного із цих факторів, наприклад, швидкості потоку абразиву дає можливість збільшити довговічність усмоктувальної частини насоса і його робочого колеса в 1,2-1,6 рази.

Незважаючи на значні труднощі в конкретній регламентації довговічності деталей відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 17011-71 "Насоси відцентрові піщані й ґрунтові. Технічні вимоги" установлені гарантійний наробіток і середній ресурс із використанням запасних деталей і залежно від виду й складу матеріалу, що транспортує. Так, при перекачуванні хвостів руд чорних металів (кварцитів, магнетитів) гарантійний наробіток і середній ресурс відповідно становлять 1500 і 2100 год., а для гравійно-дроблених порід - 800 і 1400 год.

В умовах транспортування високоабразивних матеріалів дрібної фракції ці показники можуть бути набагато нижче.

Деталі насосів зношуються неоднаково, що не дозволяє при ремонті виконувати одночасну заміну всіх зношених деталей. У таких випадках, як показав досвід експлуатації насосів на багатьох підприємствах, є кратне співвідношення довговічності деталей, наприклад, робочого колеса, що відводить і підводить пристрою. Тут заміна пристрою, що підводить, може вироблятися при якійсь черговій заміні робочого колеса. Така система дає можливість зменшити число ремонтів, матеріальні й фізичні витрати на розбирання й збірку.

Експлуатаційні характеристики насосів залежать більшою мірою від якості виготовлених запасних частин. Більшість деталей, використовуваних на вугле - і гірничо-збагачувальних комбінатах, значно уступають по якості виготовлення й по міцності деталям, виготовленим серійним способом.

Основними напрямками, що підвищують надійність і довговічність швидкозношуваних деталей, є: використання для виготовлення зносостійких матеріалів - хромистих чавуну, сталей, гуми й мінералополімерних покриттів нерухомих деталей; застосування досвіду західногерманської фірми КСВ, що полягає у використанні нових сплавів - норихард і норидур (норихард містить, в %: 2,4-2,8 С; 0,3-0,8 Si ; 0,5-0,8

Mn; 14-16 Cr; 2,4-2,8 Mo, а норидур max 0,04 C; max 1,5 Mn; max 1,5 Si ; 24-26,5 Cr; 5-7 Ni ; 2-2,75 Mo; 2,75-3,5 Cu); зниження швидкостей руху абразивної - суміші в робочому колесі шляхом зменшення частоти обертання вала насоса в припустимих межах; модернізація конструкції відводу на виході з робочого колеса у бік розширення перетину відводу, що дає можливість одержати плавний перехід від бічної стінки перетину відводу до його циліндричної частини.

Проведені заходи дають можливість підвищити довговічність ґрунтових насосів на 36%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Малюшенко, В. В. & Михайлов, А.К. (1981). *Энергетические насосы: справочное пособие*. Москва: Энерго-издат.
- [2] Животовский, Л. С. & Смойловская, Л. А. (1986). *Техническая механика гидросмесей и грунтовые насосы*. Москва: Машиностроение.
- [3] Карелин, В. Я. & Минаев, А.В. (1986). *Насосы и насосные станции*. Москва: Стройиздат.
- [4] Лобачев, П.В. (1990) *Насосы и насосные станции*. Москва: Стройиздат
- [5] Хрущев, М.М. & Бабичев, М.А. (1970). *Абразивное изнашивание*. Москва: Наука
- [6] Кропивный, В.Н., Кулешков, Ю.В. & Русских, В.В. (2003). *Влияние износа деталей шестеренного насоса на его работоспособность. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград: КДТУ.
- [7] Рыбкин, К.А. & Усов, Л.А. (1960). *Шестеренные насосы для металлорежущих станков*. Москва: Машгиз.