

УДК 621.176

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОСУ ЗАГЛИБНИХ НАСОСІВ

Бурцева С.О., магістр

Журавель Д.П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Постановка проблеми. При роботі будь – якого виробничого обладнання виникають процеси, що пов’язані з поступовим зниженням робочих характеристик та зміненням властивостей деталей і вузлів. Накопичуючись вони можуть призвести до повної зупинки або серйозної поломки. Щоб уникнути негативних економічних наслідків, підприємства організовують процес керування зносом.

Основні матеріали дослідження. Зносом або старінням називають поступове зниження експлуатаційних характеристик виробів, вузлів або обладнання у результаті зміни їх форми, розмірів або фізико – хімічних властивостей. Ці зміни виникають поступово та накопичуються у ході експлуатації. Існує декілька факторів, які визначають швидкість старіння:

- тертя;
- статичні, імпульсні або періодичні механічні навантаження;
- температурний режим [1].

В залежності від характеру зовнішніх впливів на матеріали виробу розрізняють основні види зносу:

- абразивний, який у свою чергу поділяється на підвиди:
- газоабразивний;
- гідроабразивний;
- кавітаційний;
- адгезійний;
- окислювальний;
- тепловий;
- втомний.

У даних дослідженнях детальніше буде розглянутий гідроабразивний вид зносу. Даний підвид абразивного зношення відрізняється від абразивного тим, що тверді абразивні частинки переміщуються у рідинному потоці. Матеріал поверхні буде кришитися, зрізуватися та деформуватися. Зазвичай зустрічається у такому обладнанні, як:

- гідротранспорті системи;
- вузли турбін;
- компоненти наливного обладнання;
- горна техніка, що застосовується для промивки руди.



Рис. 1. Загальний вигляд гідроабразивного виду зносу заглибного насосу

Іноді гідроабразивні процеси посилюються впливом агресивного рідкого середовища [2].

Механізм гідроабразивного зносу можна розділити на декілька процесів. При ударі абразивної частинки по поверхні деталі під кутом близьким до нормалі можлива деформація металу, якщо сила удару більше границі текучості металу. На поверхні деталі виникає вм'ятина. Наступні удари утворюють нові вм'ятини. У підсумку на метал виявляється знакозмінний вплив, що призводить до втомного руйнування. Крім того, абразивні частинки можуть впливати на поверхню деталі як різець, що знімає стружку [3-6].

На рисунку 2 цифрами позначені основні зони руйнування ступені насоса: 1 – замкнута порожнина між нижнім диском робочого колеса і верхнім диском направляючого апарату; 2 – поворот каналу у робочому колесі; 3 – область на верхньому диску робочого колеса, у якій відбувається поворот потоку витоків; 4 – зона повороту на вході у канали направляючого апарату; [7].



Рис. 2. Основні зони руйнування ступені насоса

Зліва представлений зруйнований направляючий апарат після експлуатації у свердловині, справа – зруйноване робоче колесо.

При розгляді проблеми гідроабразивного зносу необхідно враховувати стійкість матеріалу деталей ступені до гідроабразивного зносу

та корозії. Наявність корозійних речовин у рідині багатократно прискорює процес гідроабразивного руйнування ступенів насосу, так як при роботі насоса поверхневі шари металу реагують з корозійними речовинами у рідині, що перекачується. При цьому на поверхні металу виникає плівка, яка у багатьох випадках менш міцна, ніж основний метал, внаслідок чого абразивні частинки руйнують верхні шари металу. Після зняття верхніх шарів починають взаємодіяти з агресивною рідиною наступні шари металу, та процес повторюється [8].

У якості основних матеріалів для робочих ступенів заглибних насосів у даний час використовуються:

- сірий чавун;
- високолегований чавун – нірезист;
- високолегована лита сталь;
- залізграфітовий порошковий композит;
- високолеговані порошкові сталі;
- низьколеговані порошкові сталі.

Нелеговані матеріали використовуються для підйому неагресивних пластових рідин. Високолеговані матеріали мають підвищену корозійну стійкість та можуть використовуватися для перекачування рідини з високою корозійною активністю.

При оцінці інтенсивності гідроабразивного зносу необхідно враховувати частоту обертання валу насосу. Останнім часом випускаються велика кількість насосів зі збільшеною частотою обертання ротора. З одного боку дана зміна значно знижує металоємність насосу, а з другого – зменшується ресурс деяких вузлів і вимагає використання зносостійких модифікацій. Враховуючи, що надійність корпусів направляючих апаратів і між ступеневих ущільнень не завжди достатня при роботі на найбільш часто використовуваної частоті обертання, тобто при $n = 2019$ об/хв, при збільшенні частоті обертання ресурс насосу ще більш знижується. Тому необхідна модернізація конструкція ступенів насосу для підвищення їх гідроабразивної стійкості [9].

Виробники заглибних насосів найчастіше не приводять інформацію про способи захисту заглибного обладнання від механічних домішок, вказуючи тільки гранично допустимий вміст зважених частинок для різних виконань насосів. Необхідна інформація може бути отримана із небагатьох опублікованих статей і патентів, а також результатів виробничої експлуатації обладнання. насосів є стендові випробування, за допомогою яких можна досліджувати механізм гідроабразивного руйнування установки.

Основним елементом заглибного насосу є ступені. Вони же і являються одним із найбільш уразливим елементом при гідроабразивному зносі. За результатами виробничої експлуатації можна виділити декілька основних зон руйнування ступенів від впливу абразивних частинок:

- 1) осьові опори ступенів;
- 2) корпуси направляючих апаратів;
- 3) міжступеневі ущільнення.
- 4) локальне підвищення концентрації абразивних частинок у виходах, що виникають при повороті потоку.

Тому запропонована схема для моделювання вихроутворення у проточній порожнині насоса яка представлена на рисунку 3.

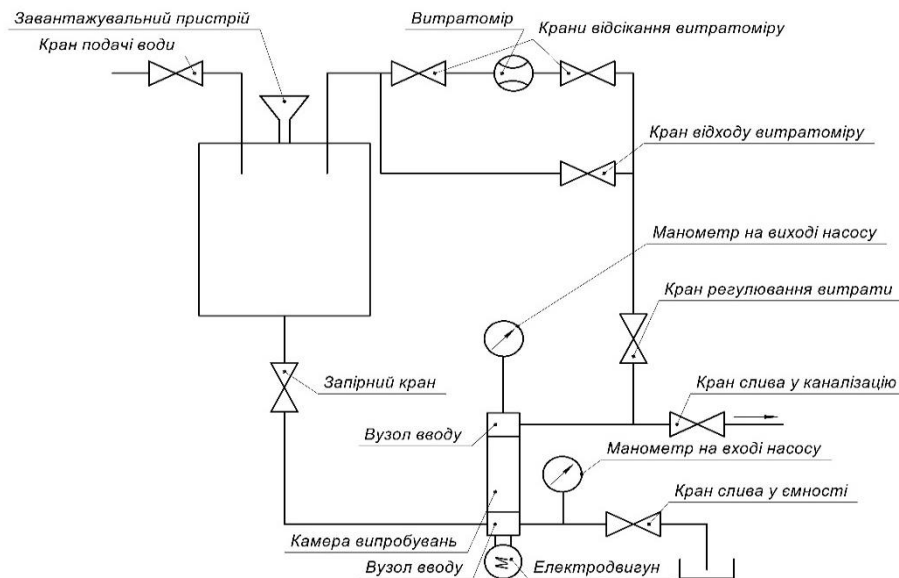


Рис. 3. Схема стенду для моделювання вихроутворення

Методика випробування полягала у нанесенні на поверхню проточних каналів тонкого шару парафіну, який порівняно легко змінює форму під дією потоку рідини з абразивними частинками та приймає форму, що відображає рух рідини у відповідній зоні.

У якості експериментальних зразків були взяті ступені відцентрового заглибного насосу ВНН5–79, що виготовлені із поліаміду методом лазерного синтезу. Поліамідні деталі після виготовлення відповідним методом виходять достатньо пористими, що дозволяє просочувати їх парафіном при температурі 100–120 °С. Після просочення на поверхні деталей залишається тонкий шар парафіну. Із поліамідних деталей збирається насос та встановлюється на випробувальний стенд, який представлений на рисунку 3.

У початковий період часу проводиться припрацювання насоса при роботі на чистій воді. Подача насоса встановлювалась у точці максимуму КПД. На даному етапі ніяких змін у поверхневому шарі деталей не відбувається. Після припрацювання відбувається поступове завантаження частинок кварцового піску розміром 0,5–1,0 мм. Час роботи насоса в абразивному розчині не більш 10-ти хвилин, після чого насос зупиняється та розбирається.

Вихори з частинками домішок, впливаючи на шар парафіну, утворюють на його поверхні рельєф. На рисунку 4 зображені зони 1,2,4 зносу, в яких сформувався стійкий рельєф.

На рисунку 5 за розташуванням та геометрії рельєфу можна оцінити розмір вихорів. Знос у зонах 2, 4, 6 протікає повільніше, ніж у зоні 1, що опосередковано свідчить про те, що збільшення розміру вихорів прискорює знос.

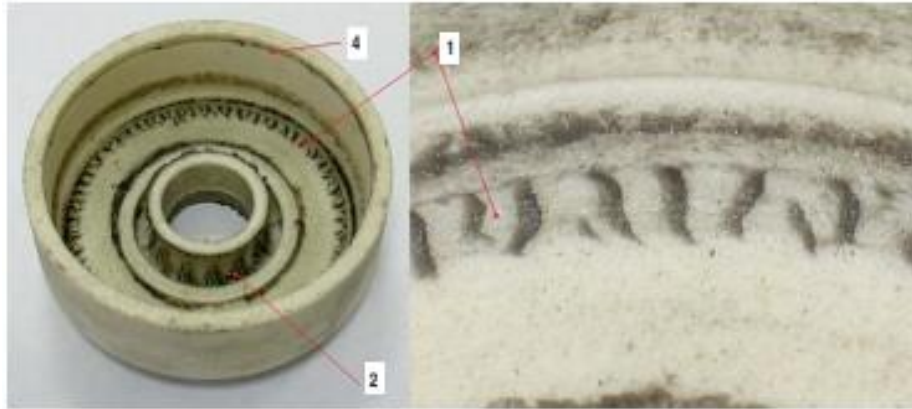


Рис. 4. Направляючий апарат після випробування (зліва – загальний вигляд, справа – крупний вид вихроутворення)



Рис. 5. Внутрішні поверхні проточних каналів направляючого апарату

У всіх зонах руйнування ступені в експериментах спостерігали формування вихорів, що підтверджує гіпотезу про вплив вихорів на швидкість зносу ступені. Запропонований метод випробування потоку дозволяє оцінити кількість та розмір вихорів у проточних каналах насоса, і опосередковано оцінити швидкість гідроабразивного зносу окремих зон ступені [10].

Висновки. Альтернативним способом захисту ступенів заглибних насосів є нанесення захисних покриттів на їх поверхню без зміни течії рідини через насос. Однак, застосування такого способу нерентабельно через собівартість покриттів, які перевищують вартість самих ступенів. Для захисту деталей від гідроабразивного зносу рекомендується використання покриттів із твердих сплавів, але по причині високої вартості використання недоцільне. Достатньо простим способом зменшення

швидкості зносу є зменшення діаметру робочих коліс насосу та головним недоліком цього рішення є погіршення характеристик насосу.

Список використаних джерел

1. Износ. Виды износа. URL: <https://stankiexpert.ru/tehnologii/iznos-vidy-iznosa.html>.
2. Журавель Д. П., Новік О. Ю., Бондар А. М., Петренко К. Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.
3. Дідур В. А., Журавель Д. П., Технічна механіка рідини і газу: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. – 468 с.
4. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Жеплінська М. М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. К. ЦП «КомпрІнт», 2019. – 370 с.
5. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Паніна В.В. Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. - 116 с.
6. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Посібник до лабораторно-практичних робіт з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. - 136 с.
7. Журавель Д.П., Болтянський Б.В. Критерії вибору насоса для водопостачання тваринницьких ферм. Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №2. Київ, 2019. С. 34...39.
8. Журавель Д.П., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Особливості водопостачання в тваринництві. Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №8 – Київ, 2018. С.66...71.
9. Дідур В.А., Савченко О.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. К.: Аграрна освіта, 2008. 577 с.
10. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 624 с.