

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП

**«ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСІВ
ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ»**

НУБІП

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

01.12 – МР.463«С»28.03.2023.009

НУБІП

Щербак Олексій Олександрович

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет _____ конструювання та дизайну _____

УДК 681.533.-027.45

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
надійності техніки
(назва кафедри)

доц. _____ Новицький А.В.
(підпис) (ПІБ)

“ ” _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на «Оцінка технічного стану та удосконалення технології відновлення корпусів гідророзподільників»

Спеціальність 133 - «Галузеве машинобудування»
(код і назва)
Спеціалізація _____

Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц. _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Новицький А.В.
(ПІБ)

Керівники магістерської роботи

К.Т.Н., доцент _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Харьковський А. С.
(ПІБ керівника)

К.Т.Н., доцент _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Новицький А. В.
(ПІБ керівника)

Виконав

(підпис)

Щербак О. О.

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2023

Форма № Н-9.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки

К.Т.Н., доцент

Новицький А.В.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

“ ” 20__ року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТА

Щербаку Олексію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Спеціалізація

(назва)

Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Оцінка технічного стану та удосконалення технології відновлення корпусів гідророзподільників»

затверджена наказом ректора НУБіПУ від «28»03.2023 р. №463 «С»

2. Термін подання завершеної роботи на кафедру 11.11.2023 р.

(рік, місяць, число)

3. Вихідні дані магістерської роботи: 3.1. Сучасні конструкції гідророзподільників. 3.2. Типові норми праці на ТО і ремонт агрегатів гідросистем сільськогосподарської техніки. 3.3. Перспективні методи відновлення гідророзподільників. 3.4. Каталоги ремонтно-технологічного обладнання для ремонту гідравлічних систем тракторів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 4.1. Аналіз конструкцій гідророзподільників. 4.2. Оцінка ремонтпридатності корпусів гідророзподільників. 4.3. Аналіз технологічних

процесів відновлення деталей гідророзподільників. 4.4. Теоретичне обґрунтування підвищення ресурсу золотникових пар гідророзподільників. 4.5. Програма і методика експериментальних досліджень. 4.6. Удосконалення технологічного процесу відновлення гідророзподільників. 4.5. Висновки. Літературні джерела. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1. Тема МР, предмет, об'єкт і методи дослідження. 5.2. Мета і задачі дослідження. 5.3. Аналіз конструкції гідророзподільників. 5.4. Розподіл несправностей гідравлічних систем тракторів. 5.5. Схема технологічного процесу відновлення корпусів гідророзподільників. 5.6. Технологія відновлення корпусів гідророзподільників. 5.6. Результати експлуатаційних випробувань корпусів гідророзподільників. Висновки.

Дата видачі завдання «22» жовтня 2022 р.

Керівники магістерської роботи

Харьковський І.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

НУБІП України

(підпис)

Новицький А.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Щербак О.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Сучасне сільськогосподарське виробництво оснащено різноманітною складною технікою, робота якої залежить від найбільш навантажених деталей.

НУБІП України

Ремонт сільськогосподарської техніки пов'язаний зі значними витратами матеріальних, трудових та грошових ресурсів. Майже 40% металу витрачається на виготовлення запасних частин, які переважно визначають

НУБІП України

собівартість ремонту машин. У зв'язку з цим, в даний час велика увага приділяється використанню у народному господарстві вторинних матеріальних ресурсів, оскільки їх максимальне залучення до народногосподарського обороту є невідомою частиною роботи з економії

коштів.

НУБІП України

Відомо, що деталі сучасних машин та механізмів вибраковують при дуже малих зношуваннях. Наприклад, понад 85% деталей автомобілів, тракторів та деяких інших самохідних сільськогосподарських машин стають

непрацездатними при зносах до 0,2-0,3 мм, тобто, при втратах маси, що становлять десятки і навіть соті частки відсотка від маси самих деталей. При

НУБІП України

цьому значна кількість елементів та поверхонь деталей взагалі не зношується, що дозволяє дуже ефективно використовувати більшість вибракованих деталей для їх відновлення.

НУБІП України

У сучасній сільськогосподарській техніці все ширше застосовують різні гідравлічні пристрої. Вони дозволяють підвищити продуктивність праці, покращити умови роботи оператора машини.

НУБІП України

Одним з найбільш складних та відповідальних агрегатів у підросистемі, поряд з гідронасосами та гідроциліндрами, є гідророзподільник. Від надійності роботи залежить продуктивність гідроагрегату. Тим часом відомо,

що нормативний 80%-ний ресурс гідророзподільника становить 6 тис. мото-год., за даними рядових експлуатаційних випробувань, в умовах забрудненої робочої рідини становить не більше 2..3 тис. мото-год. Дефіцит

гідророзподільників як запасних частин становить понад 50% необхідної кількості. Недостатньо високий ресурс гідророзподільників пояснюється, в основному, низькою зносостійкістю пари «золотник-корпус».

У зв'язку із зазначеним, пошук нових нестандартних технологічних рішень відновлення та підвищення зносостійкості вище згаданих деталей, за рахунок поліпшення фізико-механічних властивостей робочих поверхонь, використанням високотехнологічного та екологічно безпечного обладнання є дуже актуальним завданням.

Аналіз проблеми визначив мету дослідження – підвищення довговічності відремонтованих гідророзподільників шляхом розробки ефективної технології відновлення корпусів методом електроіскрового наплавлення (ЕИ).

Об'єкт дослідження – зношені та відновлені корпуси гідророзподільників Р75-В-024В та Р80-23.20.024 гідросистем тракторів, автомобілів, сільськогосподарських та інших машин.

Наукова новизна роботи:

- отримання розподілу зносів поясків отворів корпусів гідро розподільників;

- теоретично та експериментально обгрунтовано можливість відновлення зношених отворів чавунних корпусів гідророзподільників електроіскровим наплавленням, що забезпечує вихідний зазор з'єднання «золотник-корпус» та підвищення його довговічності;

Мета – Підвищення надійності гідророзподільників удосконаленням технологічного процесу відновлення робочих поверхонь корпусів електроіскровою обробкою.

Об'єкт досліджень: технічний стан зношених поверхонь корпусів гідророзподільників.

Предмет дослідження – обгрунтування параметрів технологічного процесу відновлення корпусів гідро розподільників; визначено триботехнічні

характеристики з'єднання «золотник - корпус», зношений отвір якого відновлено методом ЕІН.

Задачі досліджень

1. Провести аналіз конструкції гідророзподільників сільськогосподарської техніки.

2. Проаналізувати характерні пошкодження корпусів сільськогосподарської техніки.

3. Дослідити параметри працездатності корпусів гідророзподільників, їх характерні пошкодження та встановити залежність

зниження параметрів від зносу деталей, що визначають їх ресурс.

4. На основі аналізу аналітичних залежностей впливу факторів на параметри працездатності гідророзподільників, визначити шляхи підвищення їх міжремонтного ресурсу.

5. Удосконалити технологічну основу та визначити раціональні режими відновлення зношених поверхонь корпусів гідророзподільників.

6. Провести експлуатаційні випробування та встановити ресурс гідророзподільників тракторів, що відремонтовані встановленням відновлених корпусів.

7. Удосконалити технологічний процес ремонту гідророзподільників, який забезпечує підвищення їх міжремонтного ресурсу до рівня доремонтного та встановити їх техніко-економічну ефективність.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПОДІЛЬНИКІВ

1.1. Причини порушення працездатності гідравлічних розподільників

Сучасні трактори, комбайни, автомобілі, сільськогосподарські та меліоративні машини оснащуються значною кількістю гідролікованих вузлів та агрегатів. Від їх технічного стану багато в чому залежить надійність та експлуатаційні показники ефективності використання техніки.

Роздільно-агрегатні гідравлічні приводи тракторів, автомобілів і меліоративних машин базуються на наступних основних елементах: насос, гідророзподільник, силовий циліндр і бак [6, 7]. У реальних системах має місце кілька силових циліндрів і навіть кілька розподільників у роздільно-агрегатних гідравлічних системах тракторів застосовують уніфікований клапанно-золотниковий гідравлічний розподільник із чотирьохпозиційними золотниками та допоміжними автоматичними пристроями. Розподільник служить для подачі робочої рідини від насоса до силових циліндрів та відведення її з циліндрів у бак, розвантаження насоса шляхом холостого перепуску робочої рідини в бак (при непрацюючих циліндрах), а також для захисту всієї системи від навантаження.

Основними моделями вітчизняних розподільників роздільно-агрегатного приводу сільськогосподарських машин є агрегати двох типів із пропускною здатністю 75-80 л/хв. восьми марок (P75-23, P80-23, P75-2, P80-2 та ін.) і з пропускною здатністю 150 л/хв. чотирьох марок (P150-23-30-000, P150-13-20-000 та ін.). Літера «P» позначає розподільник, дві-три перші цифри при ній – максимальну подачу насоса в л/хв. Інші цифри позначають конструктивні варіанти. Технічні характеристики розподільників типу P75 (P80) і P150 наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Технічні характеристики розподільників типу Р75 та Р150.

| Показники | Марки розподільників | | | |
|--|---|--------|---------|---------|
| | Р75-В1 | Р75-В2 | Р75-В3А | Р150-В3 |
| Тип розподільника | Золотниково-клапанний | | | |
| Максимальна пропускна здатність, л/хв. | 75 | 75 | 75 | 150 |
| Тип золотника | Із закритим центром | | | |
| Кількість золотників | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Діаметр золотників, мм | 25 | 25 | 25 | 35* |
| Положення золотників | «Підйом», «опускання примусове», «плаваюче», «нейтральне» | | | |
| Фіксація золотників у положеннях «підйом», «опускання примусове» та «плаваюче» | Шариковим затиском | | | |
| Повернення золотників з положень «підйом» та «опускання примусове» | Автоматичне, при досягненні в системі заданого тиску | | | |
| Повернення золотників із положення «плаваюче» | Ручний | | | |
| Тиск спрацьовування клапана автоматичного повернення золотників у нейтральне положення, кг/см ² | 110-125 | | | 105-120 |
| Тиск спрацьовування запобіжного клапана кг/см ² | 130 ^{±5} | | | |
| Вага, кг | 6,8 | 10,1 | 15,5 | 30,2 |

* На тракторах С-100 та Т-ЮОМ, на тракторах К-700 – 32 мм.

Розподільники Р75 та Р80 встановлюються на тракторах (МТЗ-50/52, МТЗ-240, МТЗ-240Д, Т-40, Т-74 та ін.), бульдозерах (Д-384, -385, -444, -449, -450, -474, -485, -15911, БУ-55 та ін.), скреперах (Д-457, -461, -541), планувальниках (Н-2,8, ПС-2,75), канавокопачах та зарівнювачах (КЗ4-0,3,

КЗУ0,3В, КЗУ-0,3В), дренажних та щілинних машинах (КН-1200, КН-700, ДП-1,2), корчувачах (Мб та ін.) та на ряді екскаваторів.

Золотникові пари розподільників Р75, Р80 та Р150 конструктивно ідентичні, відрізняючись тільки розмірами, а розподільників Р75 і Р80 - повністю ідентичні за розмірами, матеріалом, механічною та термічною обробкою. Зміни внесені лише в конструкцію бустерного пристрою та додаткових отворів у корпусі гідророзподільника.

Таким чином, зношений золотниковий отвір у корпусі гідророзподільника Р75 можна розглядати як модель для відпрацювання, зрештою, технології відновлення отворів золотникових гідророзподільників вітчизняних моделей [6].

Надійність основних елементів вітчизняних гідроприводів значно нижча від зарубіжних. По напрацюванню на відмову гідропривід вітчизняних тракторів поступається зарубіжним аналогам від 6 до 10 разів. Відмови гідроприводу становлять 3...7 % від загальної кількості відмов сільськогосподарських тракторів (МТЗ-80, ДП-75М), 9...16 % на промислових (Т-130, ДЕТ-250) і до 30-35% на тракторах Т-330 та комбайнах "Дон-1500", гідропривід яких більш чутливий до забруднення робочих рідин.

Від 70 до 90% відмов гідроприводів тракторів та сільгоспмашин є функціональними. Від 40 до 95 % відмов, що систематично повторюються, пов'язані з втратою герметичності різного роду ущільнень і, як наслідок, інтенсивним абразивним (гідроабразивним) зносом основних сполук.

Дослідженнями з надійності гідро розподільників [], встановлено, що їх ресурс, в основному залежить від зносостійкості з'єднання «золотник - корпус». Коефіцієнт повторюваності дефекту пари тертя «золотник - корпус» дорівнює одиниці.

Необхідно також зазначити, що для виготовлення прецизійних пар застосовують високоякісні конструкційні матеріали золотник гідророзподільника виготовляють зі сталі 15Х (цементация, гарпування СВЧ до НRC 56...63), корпус із сірого чавуну марки СЧ21 ГОСТ 1412-79

твердістю 170...205 НВ та високі технології із застосуванням дорогого металорізального обладнання та спеціального оснащення, високочного контрольного та вимірювального інструменту. Все це говорить про те, що технологічний процес виробництва золотникових пар є дорогим. Тому розвиток досліджень надійності цих елементів, а також відновлення працездатності шляхом застосування сучасних технологій відновлення має важливе значення.

На надійність гідравлічних систем впливають: досконалість конструкції гідроагрегатів, технологічні фактори (якість виготовлення), режим експлуатації, робочі рідини, способи захисту та очищення робочої рідини від забруднення, якість технічного обслуговування, ремонту та зберігання гідроагрегатів та ін.

Конструкційні відмови обумовлені помилками, допущеними при проектуванні, порушення вимог ГОСТ, заниження запасів міцності, помилки в розробці принципів схем і конструкцій пристроїв. Так, наприклад, золотникова пара має конструктивний недолік, внаслідок якого при встановленні золотника в положення «підйом» шостий його поясок виходить із корпусу. Це призводить до перекосу золотника в отворі та прискорює знос деталей.

Виробничі відмови викликаються порушенням технології виготовлення, не дотримання вимог конструкторської документації при виготовленні, застосування некондиційних матеріалів та комплектуючих елементів, недостатнім контролем якості у процесі виробництва.

Аналіз конструкторської та технологічної документації показав, що найскладніше, найточніше і найбільш трудомістке при виготовленні з'єднання, що визначає довговічність роботи гідророзподільника - золотникова пара [12]. Допуск на діаметр отвору корпусу та золотника гідророзподільника типу Р-75-В становить 0,004 мм за збереження геометричних параметрів (конусоподібності, овальності, еліптичності).

Конструктивні особливості отвору корпусу під золотник: велике відношення довжини діаметру ($105/25 > 4$); переривчастий характер (у вигляді пояків) отвори по довжині, все це створює певні труднощі при виготовлення та відновлення прецизійних деталей. Діаметри отворів корпусів та золотників обробляють з технологічним допуском 0,08 мм з наступною розподілом на 20 розмірних груп при внутрішньогруповому допуску 0,004 мм. Велика кількість розмірних груп ускладнює організацію комплектування та складання на заводі-виробнику та ускладнює наступний ремонт гідророзподільників.

Конструкційні та виробничі відмови, як правило, виявляються у початковий період експлуатації. Вони можуть бути виявлені також у процесі припрацювань при випробуванні у заводських умовах [13, 14].

Експлуатаційні відмови є наслідком порушень умов роботи, на які розрахований даний привід, не дотримання обумовлених у технічній документації правил експлуатації, низької кваліфікації обслуговуючого персоналу, природного старіння та зношування.

Забруднення робочої рідини – одна з основних причин, що знижують такі важливі якісні показники гідроприводів, як ресурс, безвідмовність, а також точність оцінки їх технічного стану. Не менше 60% відмов гідроприводу вітчизняних тракторів та сільськогосподарських прямо або побічно пов'язане із забрудненням робочих рідин через незадовільне їх зберігання, транспортування та заправку.

Так, якщо забруднення мінеральних олив при їх виробництві становить 2-4% від рівня забрудненості в процесі експлуатації, то забрудненість нафтопродукту при транспортуванні від заводу виробника до нафтобази збільшується до 14%, а в процесі зберігання оливи на нафтобазі – до 21%.

Забрудненість робочої рідини, що заправляється в ємність мобільних енергетичних засобів з урахуванням забруднення фільтруючого елемента, повинна бути не вище 50 г/т, тобто у відповідності з вимогами стандартів.

Ресурс гідророзподільників у лабораторних умовах значно перевищує нормативну цифру 6000 мото-год. Ресурс гідророзподільників в експлуатаційних умовах, де забрудненість робочої рідини на один-два порядки вище, не може досягти 3000 мото-год.

Дослідженнями встановлено, що забруднення вітчизняних тракторних приводів у 4 рази вищі за закордонні. Це пов'язано, зокрема, із недостатньо високою ефективністю систем фільтрації та захисту гідроприводу від забруднень. Так, наприклад, у загальній вартості гідроприводу вітчизняних тракторів витрати на фільтри не перевищують 1%, у той час, як в Японії - 2,2%, ФРН - 6,3%, Франції - 2,6%, Англії - 3,7%, а США - 4,3%.

Надійна робота розподільників забезпечується своєчасним усунення несправностей при технічному обслуговуванні. Відомо, що через несправності розподільників типу P75 та P150, викликаних головним чином внутрішніми та зовнішніми витокami робочої рідини відбуваються 23-42% всіх відмов підросистем тракторів та сільгоспмашин.

Для визначення способу відновлення основних деталей гідророзподільника необхідно проаналізувати умови їх роботи та визначити основні причини, що спричиняють порушення працездатності.

Основний вплив на працездатність розподільників надає тертя спокою, тобто, зусилля руху золотника з місця.

Найменший вплив на підвищення тертя золотникових пар періодичної дії є:

- гідравлічне затискання золотника в гільзі через нерівномірну дію гідравлічних сил на поверхню;
- забруднення зазорів золотникової пари молекулами робочої рідини;
- механічне заклинювання золотника в гільзі через попадання в зазори твердих частинок, які є домішками рідини або продуктами зносу поверхонь тертя деталей.

Причиною відмови золотникових розподільників також може бути підвищене витікання робочої рідини через знос крайок робочих поясків золотника та викон гільзи. Підвищення витікання при нейтральному положенні золотникової пари перевантажує гідросистему, часте і вимушене зношування регулятора розвантаження насоса призводить до руйнування деталей гідроприводу.

Крім зазначених вище причин підвищення тертя золотникових пар, і як наслідок втрати працездатності більшість авторів відзначають, що з'єднання «золотник-корпус» виходить з ладу в результаті абразивного та втомного зношування, корозії, ерозії, кавітації, схоплювання.

Основними напрямками пошуку способів підвищення безвідмовності деталей рухомих з'єднань гідроагрегатів є зміна кінематики деталей вузлів тертя; зменшення діючих навантажень чи характеру їхньої дії; створення сприятливих умов взаємодії з'єднаних деталей при фрикційному контакті за рахунок макрогеометрії поверхонь, їх мікронерівності, вибору матеріалу та середовища з відповідними властивостями, включаючи ступінь фільтрації робочої рідини.

Для розробки раціональної технології відновлення та ремонту деталей гідроагрегатів вивчають їх знос та розподіл по поверхні.

На підставі проведених стендових випробувань золотникових пар від зносу в процесі використання, зроблено наступні висновки:

1. Зношування поверхонь, що сполучають золотник і корпус відбувається нерівномірно по довжині цих деталей; найбільшому зносу піддається п'ятий поясок золотника і відповідне кільцеве розточування корпусу.

2. При роботі розподільника на оливі, що містить механічні домішки менше 0,04%, середній знос корпусу розточування більше середнього зносу золотника. При вмісті в оливі механічних домішок, що не згорають, 0,04% знос золотника і корпусу однаковий. При вмісті механічних домішок в оливі близько 0,2% знос золотника перевищує знос розточування корпусу в 1,7

разів. Перерозподіл зносу відбувається через гідроабразивну дію потоку рідини на пояски золотника.

3. Сили початкового тертя в золотниковій парі виникають зі збільшенням тиску, що підводиться і при тиску 400 кг/с/см досягають 24 кг.

4. Під час роботи розподільника за циклом «підйом» - «автоматичне повернення золотника» - «примусове опускання» - «плаваюче» - «нейтральне положення» на оливі з вмістом вогнетривких домішок до 0,04% знос золотника 2-2,6 мкм, знос розточування під золотник 2,3-2,9 мкм на 100 000 циклів.

Золотникова пара за таких умов зношується до бракувальної величини за 250000 циклів.

5. Встановлено, що вибракувальний зазор в золотниковій парі становить 25 ± 2 мкм. Вихідний зазор у цій парі становить 10 ± 2 мкм, отже, сумарний знос золотника та корпусу становить 15 ± 2 мкм. При цьому корпус зношується в 1,13 рази інтенсивніше, ніж золотник. Таким чином, граничне зношування поясків золотника становить 7 ± 2 мкм, а корпуси - 8 ± 2 мкм.

На зношених поверхнях отвори в корпусі золотника гідророзподільника зустрічаються блискуча та матова зони поясків. З'являються також сліди втомного руйнування поверхонь, подрипини та риски глибиною до 0,12 мм, як по довжині отвору, так і по діаметру окремих поясків. Зафіксовано сколи крайок поясків отворів у корпусах гідророзподільників та золотників.

У представленій роботі дослідженнями встановлено, що при дефектуванні корпусу для визначення максимальної похибки геометричної форми отвору достатньо заміряти другий і третій пояски в перерізах 3-3, 4-4, 5-5, 6-6 і двох взаємно перпендикулярних площинах А-А, Б-Б (рис. 1.1.).

Максимальне значення зносу отворів у корпусі під золотник становить 0,09 мм. У корпусів гідро розподільників, що надходять на відновлення вперше, середнє значення зносу становить 0,025 мм. По довжині і в

поперечному перерізі вони зношуються нерівномірно – від 0,023 до 0,066 мм.

Свальність отворів у різних перерізах неоднакова і може досягати 0,048 мм.

В результаті зношування отвору корпусу та золотника зазор у з'єднанні «корпус-золотник» збільшується. Середнє значення зазору в цьому з'єднанні становить 0,034 мм, максимальне 0,091 мм. У першого і другого поясів ущільнювачів він дорівнює 0,026 мм, у п'ятого і шостого - 0,040 мм.

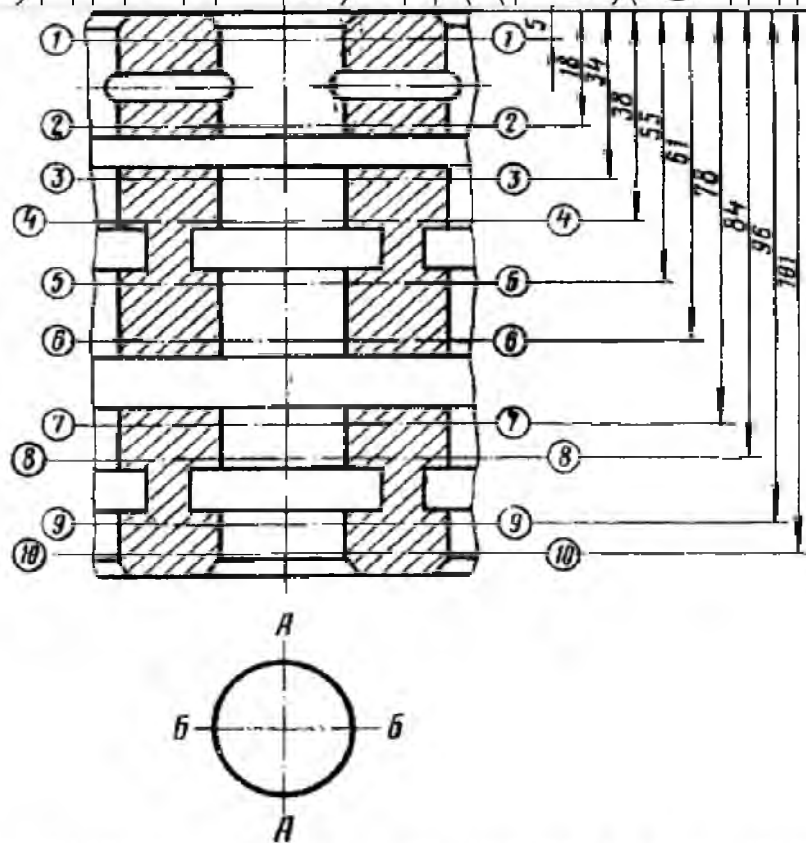


Рис. 1.1. Місця вимірювання корпусу гідророзподільника при дефектуванні

При середньому значенні зазору 0,034 мм витік робочої рідини при нейтральному положенні золотника, тиску в системі 10 МПа та температурі 50° С становить 3,4 см³/с, при максимальному зазорі 0,091 мм - 41,6 см³/с.

В результаті мікрометражних досліджень зносів золотникових пар гідророзподільників [3] отримав дещо відмінні дані від попередніх дослідників. Так, наприклад, встановлена суттєва відмінність у величині

зносу поясків отворів корпусу та золотників за їх порядковими номерами не вдалося. В результаті проведених вимірів встановлено, що знос отворів корпусу під золотники лежить у межах 0,030-0,150 мм. Зношування золотників - в межах 0,008-0,144 мм.

Зазор між золотниками та корпусом у розподільниках, що надійшли на ремонт, лежить у межах 0,012-0,150 мм, при середньому значенні 0,074 мм.

Аналіз результатів мікрометражних досліджень низки авторів дозволяє зробити висновок, що максимальні та середні значення величин зношування, відхилень форми деталей з'єднання, зазорів - вельми суперечливі. Для подальших досліджень та розробки технологічного процесу відновлення золотникових отворів у корпусах гідророзподільників необхідно вивчити зноси їх робочих поверхонь та встановити основні статистичні показники.

1.2. Способи відновлення з'єднань «золотник-корпус» гідравлічних розподільників

Розробка перспективної технології відновлення працездатності гідророзподільників передбачає глибокий аналіз робіт, проведених у цьому напрямку. Необхідність такого аналізу диктується тим, що запропоновані методи відновлення не знаходять широкого застосування на ремонтних і сервісних підприємствах [11].

Слід зазначити, що, як правило, запропонований метод відновлення далеко не завжди відповідає вимогам до з'єднання враховуючи відповідності виду покриття протистояти провідному виду зносу, а звідси, як наслідок, виходить низький ресурс відновленого вузла. Часто перевага обраного методу втрачає свою практичну значущість через економічну недоцільність або технологічну складність її реалізації. Можна виділити три основні напрями відновлення працездатності з'єднань «золотник-корпус» гідророзподільників.

Першим і найпоширенішим напрямом при відновленні працездатності цих пар є перекомплектування. Відновлення перекомплектування має ряд істотних недоліків: використовується тільки 30-35% ремонтного фонду; ресурс гідророзподільників відремонтованих перекомплектуванням має дуже низький ресурс, що підтверджується практикою та дослідженнями інших авторів, що працюють за вказаним напрямком досліджень. Таким чином, велика частина ремонтного фонду потребує відновлення розмірів поєсків нарощуванням.

Другий напрямок включає відновлення деталей пластичним деформуванням. Зазначена технологія відновлення золотників також має недоліки, а саме: необхідно застосовувати складне обладнання та майже всі процеси, що використовуються при виготовленні серійного золотника; технологія не забезпечує значного збільшення ресурсу відремонтованих гідророзподільників; велика енергоємність процесу.

Третій напрямок поєднує способи, які дозволяють збільшити розміри відновлюваних виробів нанесенням різних покриттів, компенсуючи знос. В даний час використовуються або ж пройшли виробничі випробування такі технології відновлення золотників як: залізнення, хромування, лазерна технологія, плазмове і детонаційне напилення, сплавлення наморожуванням, газофазна металізація, анітування в порошкових сумішах, ЕПН та ін.

Всім переліченим вище методам притаманні суттєві недоліки, які стримують застосування їх на ремонтно-механічних та сервісних підприємствах. Це: складність і підвищена вартість технологічного процесу; потреба у висококваліфікованому персоналі, висока енергоємність процесів, екологічна небезпека, ефективність при масовому відновленні деталей, гальваніка та плазма при відновленні деталей призводять до виникнення так званого «крайового ефекту» і, як наслідок, до високого відсотка браку.

За даними роботи традиційні методи відновлення створюють проблеми стосовно деталей з малими зносами, потрібна розробка рекомендацій щодо

відновлення зношених отворів корпусів розподільників. Крім того, розроблена технологія відновлення отворів у корпусах гідророзподільників може бути пов'язана з комбінацією методів ув'язаних в одну і ту ж технологічний ланцюг.

Для вирішення поставленої задачі необхідний метод, що забезпечує: локальність обробки, відсутність нагріву деталі, можливість нанесення необхідних зносостійких покриттів з високою міцністю зчеплення з основою, що забезпечує низьку енергоємність і простоту здійснення технологічних операцій. Необхідно надійне, малогабаритне та транспортабельне обладнання. Таким методом є електроіскрова наплавлення (ЕІН). До недоліків процесу слід віднести обмеження товщини одержуваних шарів, неможливість використання струмопровідних матеріалів, висока шорсткість покриттів ($R_a = 2,5-35$ мкм). Незважаючи на зазначені недоліки, технологія ЕІН останнім часом приваблює все більшу увагу дослідників, і все ширше застосовується в різних сферах виробництва. Слід зазначити, що цей процес практично не вивчений у плані обробки наскрізних отворів у деталях із чавуну.

Більшість параметрів якості поверхневого шару деталей спрямовано формується на фінішних етапах технологічної обробки. Кінцевими операціями з обробки деталей гідророзподільників можуть бути: чистове хонінгування або доведення під час обробки отворів корпусів, безцентрове шліфування та ручне доведення при обробці золотників.

Дослідження показують [9], що алмазне хонінгування при масовому ремонті, забезпечує високу продуктивність та стабільну якість обробки, крім того, за своїми техніко-економічними показниками значно переверщує інші методи чистової обробки глибоких і тонких отворів (розгортання (встановлення тонкостінних втулок), тонке розточування, внутрішнє шліфування та хонінгування абразивними брусками).

Зіставлення процесів алмазного та абразивного хонінгування показало [22], що обробка абразивними брусками незначно покращує геометричну

форму отворів, проте шорсткість поверхні на один клас вищий. Крім цього встановлено, що алмазне хонінгування не знижує мікротвердість поверхневого шару і виключає появу мікротріщин, що іноді спостерігається при абразивному хонінгуванні.

У Мелітопольському інституті механізації та електрифікації сільського господарства алмазне хонінгування використовувалось при дослідженні найбільш оптимальної обробки. У результаті була розроблена технологія обробки отворів корпусів гідророзподільників алмазним хонінгуванням під п'ять ремонтних розмірів.

Однак аналіз запропонованої технології показав, що даний технологічний процес ефективний тільки при масовому та великосерійному типі виробництва, оскільки передбачається використання дорогого обладнання, спеціального високоточного технологічного оснащення та складного різального інструменту. У той час як більшість ремонтних підприємств віддають перевагу універсальному устаткуванню у зв'язку з невеликою програмою ремонту деталей однієї номенклатури.

Доведення (фінішна обробка), як завершальна операція, включається до технологічного процесу відновлення всіх прецизійних деталей гідроприводу для сталевих та чавунних пар. Доведення виконується в середовищі мастила за допомогою дрібнозернистого вільного абразивного порошку. Ця операція забезпечує отримання шорсткості в межах 8-10 класів чистоти та точні геометричні розміри деталі. Доведення ведеться при малих швидкостях і при змінному русі довідного інструменту - званого притир, щодо заготівлі. Цим забезпечується неповторність траєкторій абразивних зерен, що виробляють різання при доведенні, а, отже, і зниження шорсткості поверхні. Залежно від необхідної точності та шорсткості поверхні (від ступеня зернистості застосовуваних порошків) процес доведення поділяють на попередній та остаточний. Остаточне доведення близьке до полірування, абразивні зерна знімають лише шар оксидів, не торкаючись основного матеріалу. Продуктивність (знімання металу) при доведенні залежить головним чином

від зернистості матеріалу, притирання, тривалості, швидкості відносного переміщення і тиску при доведенні. Схеми відносного руху притиру та заготівлі показані на рис. 12.

Проведені дослідження показують, що для сучасного виробництва, де переважають дрібносерій та індивідуальний ремонт, прийнята для знеособленого ремонту методика не придатна. Для таких виробництв підбір пар тертя необхідно здійснювати виходячи з правил функціональної взаємозамінності.

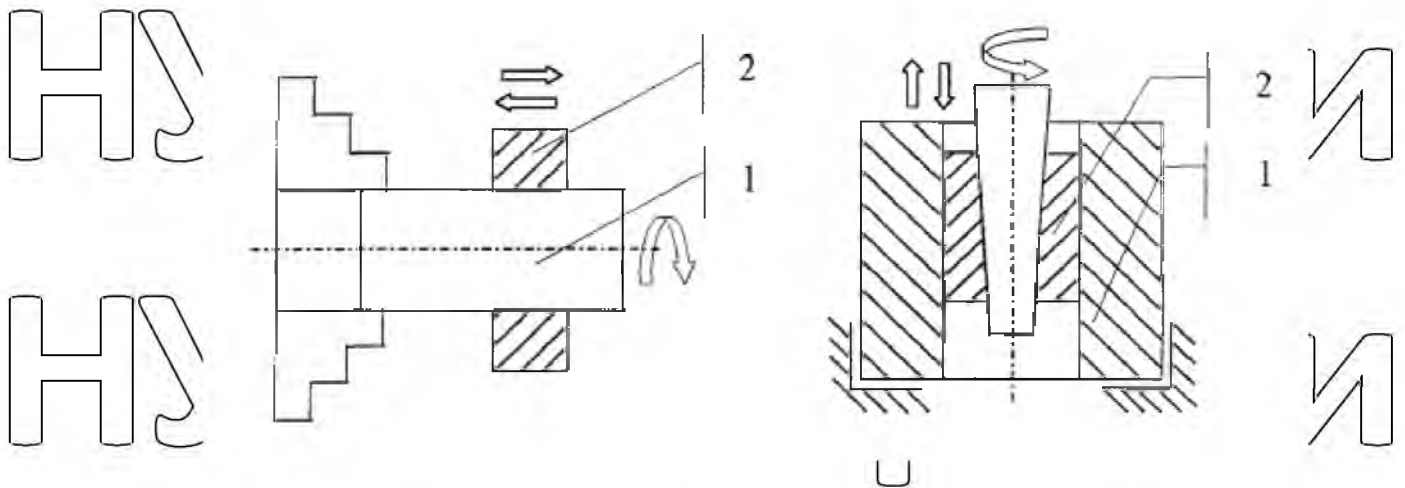


Рис. 12 Схеми доведення деталей з'єднання «золотник-корпус»: 1 - деталь, 2 - притир.

Рішенням даної задачі було б достатньо нанесення на зношені робочі поверхні металопокриттів, при цьому підбравши їх фізико-механічні властивості таким чином, щоб підняти ресурс корпусу не менше ніж в 1,5 рази. Із сучасних методів відновлення поставленого завдання найкраще відповідає метод ЕІН.

Як фінішна обробка для забезпечення високої точності отворів корпусів гідророзподільників найбільш доцільно застосувати фінішну операцію повною мірою, що задовольняє сучасному ремонтного виробництва.

1.2. Реалізація процесу електроіскрового наплавлення

Метод електроіскрової обробки металів був запропонований в 1943 році Б.Р. Лазаренко [25] та Н.І. Лазаренка. Інтерпретація багатьох фізичних явищ, що спостерігаються при електроіскровому легуванні, базується на фундаментальних дослідженнях електричної ерозії, виконаних в багатьох наукових статтях.

Процес електроіскрової обробки металевих поверхонь ґрунтується на використанні дії імпульсного електричного розряду, що проходить між електродами в газовому середовищі. Сутність його полягає в тому, що при іскровому розряді в газовому середовищі відбувається переважне руйнування матеріалу електрода (анода) та перенесення продуктів ерозії на поверхню деталі (катод). Різновиди електроіскрової обробки робочих поверхонь деталей можна розділити умовно на три: наплавлення, легування та зміцнення.

Основою наплавляючої обробки зношених поверхонь деталей є нанесення покриттів товщиною, що перевищує величину зносу, і властивостями, близькими або вилюченими по відношенню до матеріалу деталі, забезпечує надання їх зношеним елементам втрачених розмірів.

Основою легуючої обробки робочих поверхонь деталей машин, приладів та апаратів, електричних контактів є цілеспрямована зміна рельєфу поверхні, що найбільш повно відповідає умовам контакту деталей, фізичних та механічних властивостей приповерхневих шарів матеріалів, з тим, щоб підвищити припрацювання, стійкість проти задирів, зносостійкість, жаростійкість, теплостійкість, електричний опір і т.д. різних з'єднань.

Основою зміцнювальної обробки робочих поверхонь деталей, штампової оснастки та ріжучих крайок інструментів є гартування та створення поверхневих шарів із покращеними експлуатаційними властивостями. Крім того, зміцнюючій обробці піддаються робочі поверхні

деталей, що зазнали високотемпературного відпуску, на яких у процесі експлуатації з'явилися утомні пошкодження або сліди задрів.

В умовах виробництва наплавлення, легування та зміцнення може відбуватися як єдиний технологічний процес і як самостійний, в залежності від поставленого завдання.

Для здійснення будь-якої технології головну та вирішальну роль відіграє технічне оснащення, за допомогою якого виконуються технологічні операції. Технічне обладнання для електроіскрового зміцнення складається з електроіскрового апарату або установки, що є основним обладнанням для здійснення цього процесу, комутувального пристрою анода з катодом і пристосування для затискання деталі, що обробляється.

За минулі роки застосування електроіскрової обробки різними підприємствами розроблено значну кількість різних типів електроіскрових установок. Опис цих установок дано у ряді літературних джерел.

Перші установки для електроіскрової обробки були розроблені та виготовлені під керівництвом авторів методу Б.Р. Лазаренко та Н.І. Лазаренка. Представлені установки були зібрані за КС - схемою, а комутація розрядного ланцюга здійснювалася ручним віброуючим електродом інструментом. Установки відрізнялися низькою напругою на електродах (50В), великим робочим струмом (30А і більше), значною ємністю конденсаторних батарей ($6 \cdot 10^{-4}$ і більше) та застосовувалися для грубого електроіскрового легування.

Починаючи з 60-х років на експериментальному заводі розробили та виготовили установки для електроіскрового легування типу ЕІЛ. Істотним недоліком цього типу установок є низька надійність та стабільність роботи, вузький діапазон режимів обробки, велика маса та габарити. Ці установки особливо ефективні при зміцненні поверхонь, до шорсткості яких не висуваються високі вимоги ($R_z = 80$ мкм і більше).

Ряд зарубіжних фірм випускає установки для «чистового» легування. Установки фірм США, Італії, Швейцарії, Японії мають нероз'єднаний

генератор імпульсів, зібраний за схемою RC. Для комутації міжелектродного проміжку використовується електромагнітний вібратор, в електрогримачі якого закріплюється легуючий електрод. Продуктивність процесу ЕІЛ з ручним вібратором 1-3 см/хв., шорсткість поверхні мінімальна $Ra = 2,0-20$ мкм.

Хоча традиційно розрізняють установки для чистого та грубого електроіскрового легування, але існує також ряд установок, що перекривають своїми параметрами межу між цими основними групами – «Елітрон-22БМ», «Елітрон-52БМ», «Вестрон 006».

Модернізовані установки «Елітрон-22БМ», «Елітрон-52БМ» комплектом обробних пристроїв, установкою «Елітрон-14А» призначені для електроімпульсного наплавлення, зміцнення та легування робочих поверхонь деталей машин, ріжучих кромок інструментів та штампового оснащення з метою відновлення зношених та деформованих розмірів, а також підвищення їх зносостійкості, теплостійкості, задростійкості, жаростійкості.

Установка «Елітрон-52БМ» має три види джерела струму: тиристорно-транзисторний (ТТ) із дев'ятьма енергетичними режимами (робочий струм 0,5-11,5 А, при напрузі 30-90 В), резистивно-ємнісний (RC) з трьома енергетичними режимами (струм короткого замикання 24-120 А при напрузі 40-60В) та суміщений резистивно-ємнісний (RC) + тиристорнотранзисторний (ТТ) з двома енергетичними режимами (струм короткого замикання 51-110 А), при напрузі 40.

Установка «Елітрон-22БМ» більш тонкого призначення. Вона має ТТ джерело струму з п'ятьма енергетичними режимами (робочий струм 0,3-3,8 А, при напрузі 45-96) і регульовану частоту подачі імпульсів 100-350 Гц.

В даний час накопичено значний експериментальний досвід в НВФ «Техінвест», ВНДІТУВІД, НВФ «Вестрон» з наплавлення, легування та зміцнення робочих поверхонь деталей, штампового оснащення та ріжучих кромок інструментів у повітряному та газовому середовищах під дією

імпульсного електричного розряду з використанням сучасних модернізованих установок.

Електроіскрова обробка робочих поверхонь деталей проводиться в основному з використанням двох типів релаксаційних генераторів імпульсу струму: резистивно-емнісного (RC) та тиристорно-транзисторного (ТТ).

Результати експериментів проведених у ВНІВІД «Ремдеталь» [76] показали, що покриття нанесені з RC-джерелом мають ті ж властивості, що і покриття, нанесені ТТ-джерелом струму.

Проте суттєво відрізняються показники якості покриттів. Різкий стрибок товщини та шерсткості покриття при використанні RC-генератора відбувається за рахунок малих енергій розряду та великих струмів.

Дослідження параметрів покриття нанесеного при спільній роботі двох джерел струму RC+ТТ показали, що в середньому товщина покриття та шерсткість зменшуються на сім відсотків, а витрата електродів зростає майже до двох разів, за деякого збільшення суцільності покриття.

Це з тим, що середній робочий струм і енергія розряду не змінюються, а збільшується лише струм короткого замикання до двох раз. На зростання продуктивності процесу нанесення покриття суміщений режим суттєвого впливу не вплинув.

Як було зазначено вище, для здійснення безперервного процесу ЕІД, необхідна періодична комутація анода з катодом. Реалізується це за допомогою різних пристроїв, наприклад вібраторів дисків, що обертаються або дисків з розташованими за його периметром електродами у вигляді пластин або тяганини, які можуть перебувати в площині обертання або перпендикулярно до неї, а також стрижневих торцевих електродів, що обертаються навколо своєї осі та контактують з катодом за рахунок вібрації або вертикальної подачі автоматичного регулювання міжелектродного проміжку.

Використання того чи іншого комутуючого пристрою обумовлено призначенням установки, її загальною конструкцією та електричними

режимами електроіскрової обробки. Так, для ручних установок БІН доцільно використовувати вібратори із частотою вібрації 100-400 Гц.

Наприкінці слід зазначити, що представлений у даному параграфі матеріал дозволяє зробити висновок, про те, що сучасне обладнання для електроіскрової обробки повною мірою забезпечує технологічні можливості, необхідні для отримання якісних шарів заданої товщини для відновлення отворів корпусів гідророзподільників.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДМОВИ ДО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування товщини шару металонокриття

Для більшості зношених деталей машин, в даний час, існують різні способи їхнього відновлення. При виборі способу відновлення, що забезпечує задану точність, необхідно враховувати умови (тип виробництва, наявність і величина ремонтного фонду та інших), у яких даний спосіб застосовується.

Як було зазначено вище, найбільш поширеним способом відновлення працездатності з'єднання «золотник – корпус» є перекомплектування. На рис. 2.1. представлені функції щільності розподілу діаметрів золотника та отвори корпусу після виведення слідів зносу виправлення геометричної форми. Аналіз даних залежностей дозволяє встановити кількість деталей, які можна відновити перекомплектуванням, без нанесення поверхневого шару. З рис. 2.1. видно, що 91% (відрізок a-b) отворів корпусу розподільників, що надійшли на ремонт, можна вважати придатними, тому що їх розміри лежать у полі допуску виготовлення. У золотників ж знос значний, 30,5% (відрізок a-c) їх мають розміри, що виходять межі поля допуску виготовлення. Кількість золотників, величина яких перебуває у полі допуску, становить 91%, що в 1,3 рази більше за кількість отворів, що сполучаються. Це говорить про невідповідність фізико-хімічних властивостей деталей даної сполуки.

За технічними вимогами [10] зазор між золотником та отвором у корпусі повинен бути в межах 0,008-0,016 мм. З графіка видно, що для 14,5% придатних золотників (відрізок d-f не можна підібрати отворів, що забезпечують технологічний зазор, і для 19% придатних корпусів (відрізок e-b) також не можна підібрати золотники, що забезпечують технологічний зазор у з'єднанні. Інші 55% та 64,5% (відрізок g-e) придатних золотників та корпусів, відповідно, теж не можуть бути використані все шляхом перекомплектування.

Криві функцій розподілу наочно показують, що у ділянках ідентичних розмірних груп вони мають різний нахил. Це каже про те, що і кількість деталей для комплектування в даній розмірній групі по-різному. Наприклад, для 7 розмірної групи (25,024-25,028 мм) отвори корпусу гідророзподільника маємо 4,5% (відрізок отворів i-h), а золотників 5,5% (відрізок j-k). Отже, всередині цієї розмірної групи 1% золотників не буде чим комплектувати.

Або для 13 розмірної групи (25,048-25,052 мм.) отворів корпусу гідророзподільника маємо 6% (відрізок ш-п), а золотників 1% (відрізок о-р), отже, всередині цієї розмірної групи, навпаки, 5% отворів не буде чим комплектувати.

Загалом із 69,5% золотників та 91% корпусів, розміри яких знаходяться у полі допуску на виготовлення, можна скомплектувати 34% з'єднань або близько 20 золотникових пар із 60 досліджуваних. Тоді решта деталі з'єднання повинні вибраковуватись або відновлюватись нанесенням шару металопокриття.

Товщина шару повинна компенсувати не тільки сумарне лінійне зношування золотника та отвори, але й припуск на виведення слідів зношування деталей з'єднання «золотник - корпус», плюс припуск на обробку відновленої поверхні з метою зменшення шорсткості. Таким чином, шар металопокриття визначається за залежністю:

$$h = \frac{\Delta S + 2Z_{\kappa\delta} + 2Z_{\text{з}\delta} + 2Z_{\kappa p}}{2} \quad (2.1.)$$

де ΔS - зазор у з'єднанні «золотник-корпус», мкм,

$$\Delta S = D_{\kappa_{max}} - D_{\text{з}_{min}} - S_T$$

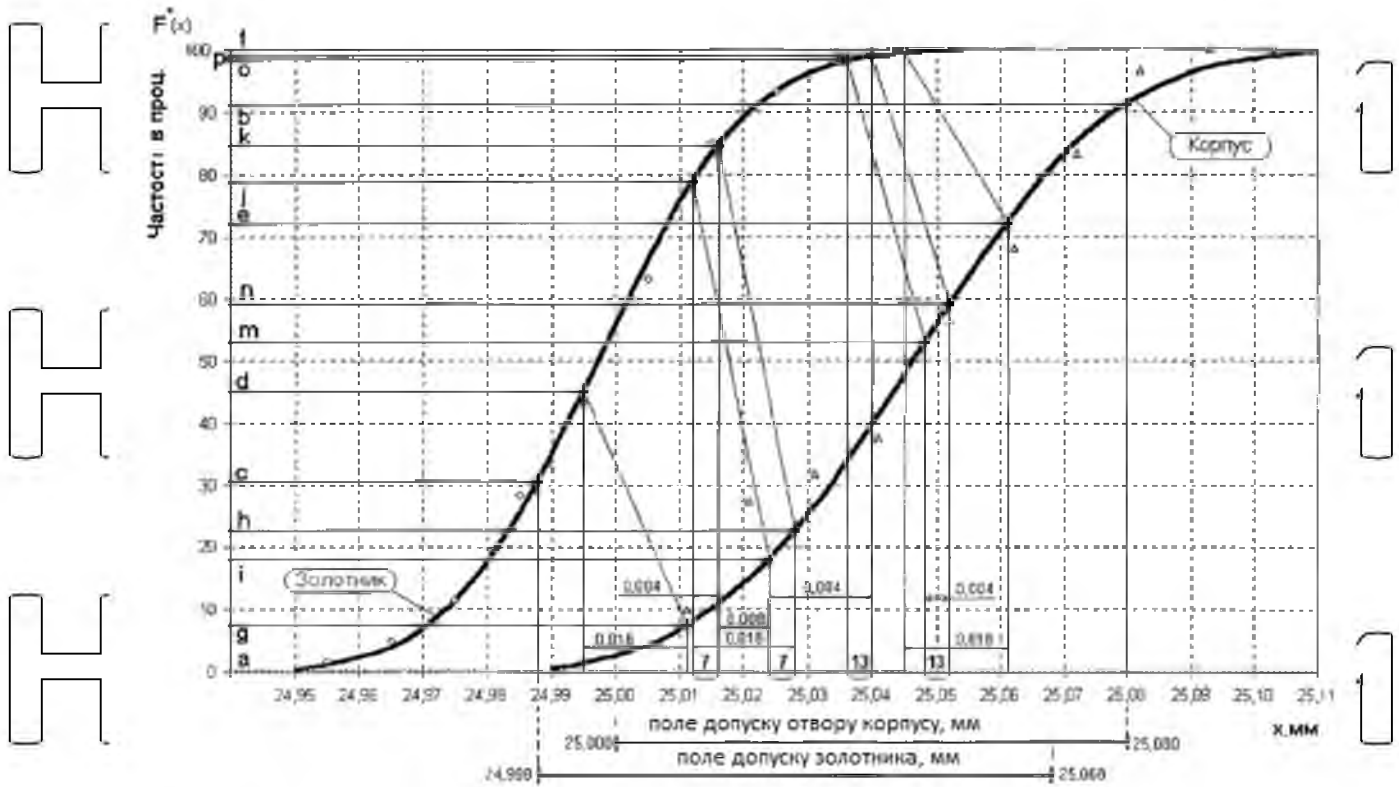


Рис 2.1. Функції розподілу діаметрів золотника та отвори корпусу

де D_{Kmax}, D_{Zmin} – відповідно максимальне значення діаметра отвору корпусу та мінімальне значення діаметра золотника, мкм;

S_T – середній конструктивно-технологічний зазор, мкм

$$S_T = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$$

S_{max}, S_{min} – максимальний і мінімальний зазори в'єднанні нових деталей, мкм;

$2Z_{K\delta}, 2Z_{Z\delta}$ – відповідно припуски на виведення слідів зношування отвору корпусу і золотника, приймаємо на 30% більше максимальної поглибленості геометричної форми мкм

$$2Z_{K\delta} = \delta_{max_k} + \delta_{max_k} * 0,3;$$

$$2Z_{Z\delta} = \delta_{max_z} + \delta_{max_z} * 0,3;$$

де δ_{max_k} , δ_{max_z} – відповідно максимальне відхилення геометричної форми отвори корпусу та золотника, мкм.

З метою зменшення шорсткості відновленого отвору та забезпечення технологічного зазору приймаємо мінімальний діаметральний припуск на обробку отвору корпусу (2ZKp) рівним 20-25 мкм.

Для визначення величини шару металопокриття зрівняємо схеми зношених деталей при знеособленому (рис. 2.2. а,б.) та необезособленому (рис. 2.2. в,г.) ремонтах.

При знеособленому ремонті у формулу (2.1) підставляються значення максимальних зносів золотника і корпусу з усієї статистично дослідної партії з'єднань (рис. 2.1.), припуски на виведення слідів зносу та виправлення геометричної форми золотника та корпусу також визначаються за максимальним значенням зі всієї статистично досліджуваної партії сполучною, тобто:

$$h_{ст} = \frac{\Delta S_{ст} + 2ZK_{\delta_{ст}} + 2Zz_{\delta_{ст}} + 2ZK_p}{2} \quad (2.2)$$

де $\Delta S_{ст}$ – зазор без урахування нормативних вимог, статистично досліджуємої партії з'єднань, мкм.

$$\Delta S_{ст} = DK_{max_{ст}} + Dz_{min_{ст}} - S_{ст}$$

$DK_{max_{ст}}$, $Dz_{min_{ст}}$ – відповідно припуски на виведення слідів зносу отвору корпусу та золотника статистично досліджуваної партії сполучень, приймаємо на 30% більше максимальної похибки геометричної форми, мкм

$2ZK_{\delta_{ст}}$, $2Zz_{\delta_{ст}}$ – відповідно припуски на виведення слідів зносу отвору корпусу та золотника статистично досліджуваної партії сполучень, приймаємо на 30% більше максимальної похибки геометричної форми мкм

$$2Z_{\kappa\delta} = \delta_{\max_{\kappa\text{ст}}} + \delta_{\max_{\kappa\text{ст}}} * 0,3;$$

$$2Z_{3\delta} = \delta_{\max_{3\text{ст}}} + \delta_{\max_{3\text{ст}}} * 0,3;$$

де $\delta_{\max_{\kappa\text{ст}}}$, $\delta_{\max_{3\text{ст}}}$ – відповідно максимальне значення діаметра отвору корпусу та мінімальне значення діаметра золотника статистично досліджуваної партії з'єднань, мкм,

Тоді, для забезпечення технологічного зазору в з'єднаннях при

$\Delta_{\text{ст}} = 124$ мкм, $\delta_{\max_{\kappa\text{ст}}} = 38$ мкм, $\delta_{\max_{3\text{ст}}} = 21$ мкм необхідно зменшити діаметр отвору корпусу на 221 мкм.

При незнесобленому ремонті у формулу (2.1) підставляються значення зносів золотника і корпусу g - з'єднання, j - гідророзподільника, припуски на виведення слідів зношування та виправлення геометричної форми золотника і корпусу також визначається за максимальним значенням g - з'єднання, j - гідророзподільника, тобто.

$$h_{jg} = \frac{\Delta S_{jg} + 2Z_{\kappa\delta} j_g + 2Z_{3\delta} j_g + 2Z_{\kappa p}}{2} \quad (2.3.)$$

де ΔS_{jg} – зазор без урахування нормативних вимог j – гідророзподільника, g - з'єднання, мкм

НУБІП України

НУБІП України

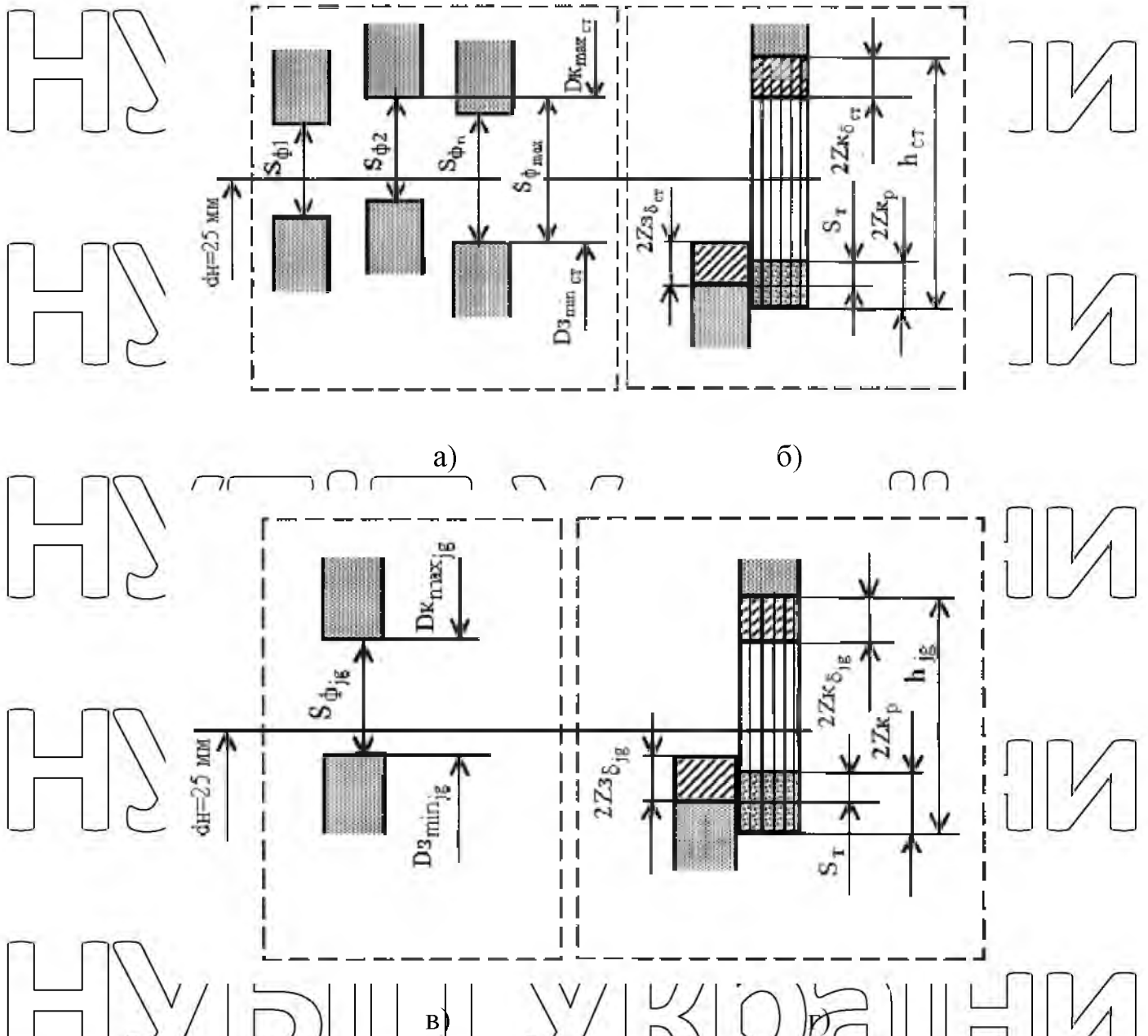


Рис. 2.2. З'єднання деталей золотникової пари а) статистично досліджуваної партії; б) відновлених при знеособленому ремонті; в) j - гідророзподільника, г) з'єднання, мкм; г) відновлених при необезособленому ремонті

$$\Delta S_{jg} = D_{Kmaxjg} - D_{\phi minjg} - S_{cr}$$

де $D_{kmax\ jg}$ – відповідно максимальне значення діаметра отвору корпусу та мінімальне значення діаметра золотника j – гідророзподільника, g – з'єднання, мкм;

$2Z_{k\delta\ jg}, 2Z_{z\delta\ jg}$ – відповідно припуски на виведення слідів зносу від

отвору корпусу та золотника j – гідророзподільника, g – з'єднання, мкм;

$$2Z_{k\delta\ jg} = \delta_{max\ k\ jg} + \delta_{max\ k\ jg} * 0,3;$$

$$2Z_{z\delta\ jg} = \delta_{max\ z\ jg} + \delta_{max\ z\ jg} * 0,3;$$

де $\delta_{max\ k\ jg}, \delta_{max\ z\ jg}$ – відповідно максимальне відхилення геометричної форми отвору корпусу та золотника j – гідророзподільника, g – з'єднання, мкм.

Обробку деталей з'єднання «золотник – корпус» пропонується здійснювати доведенням пригиром. Цей метод чистової обробки за невеликої програми випуску дозволяє забезпечити точність за відсутності дорогого обладнання та спеціального оснащення.

Так, наприклад, для забезпечення вихідного технологічного зазору першому з'єднанні гідророзподільника №5 (з'єднання з максимальним фактичним зазором статистично досліджуваної партії), при фактичному зазорі $S_{5,1}=91$ мкм, максимальному відхиленні геометричної форми поясків,

відповідно отвори корпусу та золотника $\delta_{max\ k\ 1,5}=16$ мкм необхідно нанести

шар металонекриття товщиною не менше 145 мкм на діаметр отвору корпусу. Для першого з'єднання гідророзподільника №11 (з'єднання з

мінімальним фактичним зазором статистично досліджуваної партії) з

фактичним зазором $S_{11,1} = 21$ мкм, максимальним відхиленням геометричної

форми поясків, відповідно отвори корпусу і золотника $\delta_{max\ k\ 11,1}$ і

$\delta_{\max_{31,1,1}} = 4$ мкм необхідно нанести шар металопокриття завтовшки не менше 40 мкм на діаметр отвору корпусу.

З вище зазначених підходів до відновлення зношених з'єднань «золотник-корпус» найбільша перевага при незначному ремфонді і малої

програми ремонту має незнеосіблений ремонт. Аналіз представлених технологій показав, що для усунення малих зносів найбільш прийнятним способом є ЕЦН з подальшим доведенням чавунним притиром.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень

Для успішного вирішення поставлених завдань шляхом планомірного проведення робіт з урахуванням досвіду попередніх дослідників, необхідний комплексний підхід, що включає в себе теоретичні та експериментальні дослідження, виробничу та експлуатаційну перевірки, техніко-економічний аналіз результатів досліджень

Загальна програма досліджень, представлена на рис. 3.1, передбачає низку заходів, які дозволяють зрештою отримати ефективна технологія для сучасного ремонтного виробництва.

3.2. Методика дослідження експлуатаційних зносів та дефектів деталей з'єднання «золотник-корпус» гідросподільників

Дослідження експериментальних зносів виконано на статистично представленій партії зношених сполучень «золотник - корпус», відібраних на ремонтному підприємстві.

Необхідна кількість (n) об'єктів дослідження, що дає необхідну точність вимірювань, при заданій довірчій ймовірності $\alpha=0,95$ та відносній помилці $\varepsilon = 0,15$, визначали з виразу:

$$n = t_{\alpha}^2 \frac{v}{\varepsilon^2} \quad (3.1.)$$

де t_{α} - коефіцієнт Стюдента,

v - коефіцієнт варіації (очікуване значення коефіцієнта варіації, 0,3).

ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ ЕІН ВІДТВЕРДЖЕНЬ ЧАВУННИХ КОРПУСІВ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ

Стан питання та завдання дослідження

Причини порушення експлуатації гідравлічних розповсюджувачів

Способи відновлення з'єднання «золотник – корпус» гідророзподільників

Процес ЕІН та аналіз застосовуваного

Параметри процесу та властивості отриманих поверхонь

Теоретичні передумови отримання покриттів необхідної товщини, зносостійкості, коефіцієнта тертя та задиристійкості.

Обґрунтування товщини шару металопокриття

Умови взаємодії робочих поверхонь вузла тертя «золотник - корпус» та механізм покращення його триботехнічних показників

Основні теоретичні залежності процесу ЕІН

Товщина покриття та вибір режимів

Експериментальні дослідження

Мікролітражні дослідження технічного стану деталей агрегату

Експериментальна оцінка швидкості та коефектів для розрахунків та товщини наплавлення

Вибір робочих матеріалів, режимів роботи установки та оптимального часу наплавлення пояскв отворів

Металографічні та мікрогеометричні властивості покриттів отриманих ЕІН

Оцінка зносостійкості покриттів, отриманих методом ЕІН

Стендові та експлуатаційні випробування відновлення гідророзподільників методом ЕІН

Розробка технологічного процесу відновлення отворів у корпусах гідророзподільників

Впровадження розробок та рекомендацій у виробництво, оцінка економічної ефективності

Рис. 31.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП У

При $\alpha = 0,95$ $t_{\alpha} = \frac{\varepsilon}{\sigma} \cdot \frac{0,15}{0,3} = 0,5$ за [98], знаходимо $n = 57$. Таким чином, для досліджень необхідно взяти щонайменше 57 золотникових пар. Нами було взято партію гідророзподільників у кількості 20 штук, що відповідає 60 золотниковим з'єднанням і дозволяє отримати більше достовірні дані.

Дослідженням піддавалися зовнішній діаметр поясків золотника $\varnothing 25^{+0,068}_{-0,042}$ і внутрішній діаметр поясків колодезя корпусу $\varnothing 25^{+0,080}$.

В якості засобу вимірювання використовувались такі інструменти: для золотника - мікрометр важільний МРП 25-50 ГОСТ 11098-75 з точністю 0,001 мм, для отворів корпусу – індикаторний нутромір з точністю індикаторної головки 0,001 мм. Прилади пройшли атестацію та мають відповідні сертифікати.

Після розбирання золотники та корпус маркувалися (I, II,... - рис.3.2. і рис. 3.3.), що дозволило не знеособлювати з'єднання і більш достовірно визначити фактичний знос та зазор у парі. У золотника маркувався торець з боку штуцерів агрегатів гідросистеми, причому фіксувався номер гідророзподільника та номер відповідного золотнику отвору корпусу. Корпус маркувався по верхній базовій поверхні з боку штуцерів. Фіксувався номер гідророзподільника та номер корпусу.

Потім золотники і корпус гідророзподільника промивали в розчині мийного засобу і просушувалися.

Вимірювалися шість поясків золотника (нумерувалися пояски щодо торця з боку штуцерів) та відповідні їм пояски колодезів корпусу. Кожен поясок вимірювався у двох взаємно перпендикулярних площинах, для визначення еліпсності та у двох перерізах (А-А, Б-Б) для визначення конусності. На кожен поясок припадало по чотири виміри.

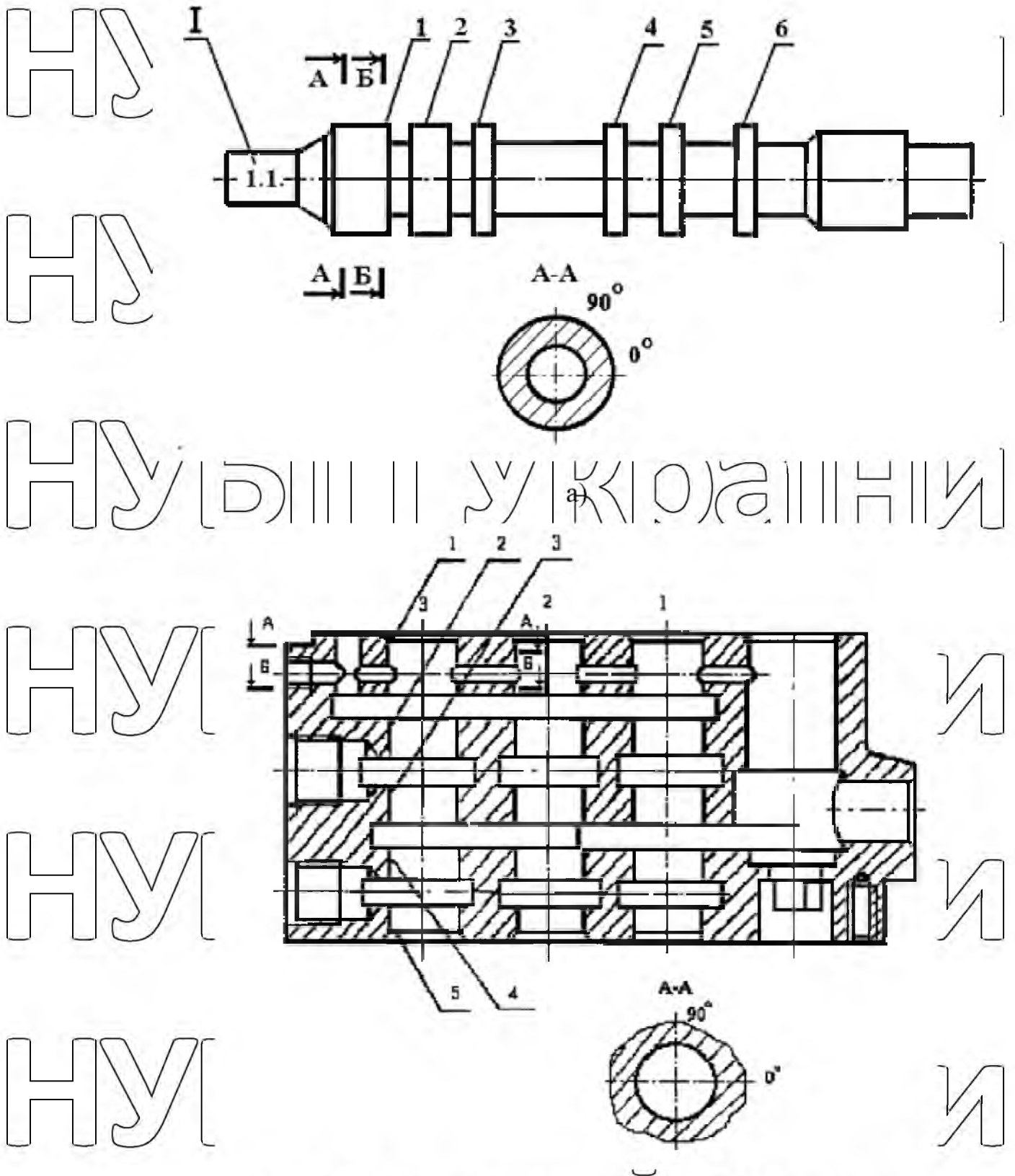


Рис. 3.3. Золотник гідророзподільника P-75 (а), корпус

гідророзподільника P-75

НУБІП України

Крім умовних зносів поясків золотників та корпусів гідророзподільників за допомогою спеціального нескладного освітлювального пристосування досліджувалися дефекти золотникових отворів (всього 84 отвори) у корпусах гідророзподільників.

Коефіцієнт повторюваності дефекту визначали за такою формулою:

$$K = \frac{n_d}{n} \quad (3.2.)$$

де n_d – кількість отворів мають даний дефект;

n – загальна кількість отворів.

Після закінчення вимірювань проводилась первинна обробка даних (див. додаток 1), дослідженням піддавалися варіаційні ряди:

1. Максимальних умовних зносів i -поясків отворів та золотників g -

з'єднання. Значення ряду отримані порівняння результатів різниць $U_{Kig}^{0^\circ A-A}$, $U_{Kig}^{90^\circ A-A}$, $U_{Kig}^{0^\circ B-B}$, $U_{Kig}^{90^\circ B-B}$ і поясків золотників $U_{3ig}^{0^\circ A-A}$, $U_{3ig}^{90^\circ A-A}$, $U_{3ig}^{0^\circ B-B}$, $U_{3ig}^{90^\circ B-B}$ при куті вимірювання 0° та 90° у перерізах А-А та Б-Б, мкм:

а) отворів:

$$U_{Kig}^{0^\circ A-A} = D_{Kig}^{0^\circ A-A} - D_{Kigmin}, \text{ МКМ}$$

$$U_{Kig}^{90^\circ A-A} = D_{Kig}^{90^\circ A-A} - D_{Kigmin}, \text{ МКМ}$$

$$U_{Kig}^{0^\circ B-B} = D_{Kig}^{0^\circ B-B} - D_{Kigmin}, \text{ МКМ}$$

$$U_{Kig}^{90^\circ B-B} = D_{Kig}^{90^\circ B-B} - D_{Kigmin}, \text{ МКМ}$$

б) золотників:

$$U_{3ig}^{0^\circ A-A} = D_{3ig}^{0^\circ A-A} - D_{3igmax}, \text{ МКМ}$$

$$U_{3ig}^{90^\circ A-A} = D_{3ig}^{90^\circ A-A} - D_{3igmax}, \text{ МКМ}$$

$$U_{3ig}^{0^\circ B-B} = D_{3ig}^{0^\circ B-B} - D_{3igmax}, \text{ МКМ}$$

$U_{zig}^{90^\circ B-B} = D_{zig}^{90^\circ B-B} - D_{zigmax}^{MKM}$
 де D_{kgmin} , D_{zigmax} – відповідно мінімальне значення діаметра отвору корпусу та максимальне значення діаметра золотника g-з'єднання, мкм;

$D_{Kig}^{0^\circ A-A}, D_{Kig}^{90^\circ A-A}, D_{Kig}^{0^\circ B-B}, D_{Kig}^{90^\circ B-B}; D_{zig}^{0^\circ A-A}, D_{zig}^{90^\circ A-A}, D_{zig}^{0^\circ B-B}, D_{zig}^{90^\circ B-B}$ – відповідно поточні значення діаметрів і поясків g-отворів корпусів та золотників g-з'єднання при куті вимірювання 0° та 90° у перерізах А-А та Б-Б, мкм.

Абсолютні значення зношування поясків неможливо.

встановити при даному аналізі, у зв'язку з відсутністю відомостей про початкові розміри поясків золотників та отворів корпусів.

2. Максимальних значень еліпсності i -поясків отворів та золотників g-з'єднання. Значення ряду отримано з порівняння результатів різниць еліпсності

отворів корпусів $El_{Kig}^{A-A}, El_{Kig}^{B-B}$ і золотників $El_{zig}^{A-A}, El_{zig}^{B-B}$ в перерізах А-А і Б-Б:

а) отворів:

$$El_{Kig}^{A-A} = |D_{Kig}^{0^\circ A-A} - D_{Kig}^{90^\circ A-A}|, \text{ мкм}$$

$$El_{Kig}^{B-B} = |D_{Kig}^{0^\circ B-B} - D_{Kig}^{90^\circ B-B}|, \text{ мкм}$$

б) золотників:

$$El_{zig}^{A-A} = |D_{zig}^{0^\circ A-A} - D_{zig}^{90^\circ A-A}|, \text{ мкм}$$

$$El_{zig}^{B-B} = |D_{zig}^{0^\circ B-B} - D_{zig}^{90^\circ B-B}|, \text{ мкм}$$

3. Максимальних значень конусності i -поясків отворів та золотників g-з'єднання. Значення ряду отримано з порівняння результатів різниць конусності

отворів корпусів $K_{Kig}^{0^{\circ}A-A}$; $K_{Kig}^{90^{\circ}A-A}$ і золотників $K_{Zig}^{0^{\circ}B-B}$; $K_{Zig}^{90^{\circ}B-B}$ при куті виміру 0° і 90° .

а) отворів:

$$K_{Kig}^{A-A} = \left| D_{Kig}^{0^{\circ}A-A} - D_{Kig}^{90^{\circ}A-A} \right|, \text{ мкм}$$

б) золотників:

$$K_{Kig}^{B-B} = \left| D_{Kig}^{0^{\circ}B-B} - D_{Kig}^{90^{\circ}B-B} \right|, \text{ мкм}$$

а) отворів:

$$K_{Zig}^{A-A} = \left| D_{Zig}^{0^{\circ}A-A} - D_{Zig}^{90^{\circ}A-A} \right|, \text{ мкм}$$

$$K_{Zig}^{B-B} = \left| D_{Zig}^{0^{\circ}B-B} - D_{Zig}^{90^{\circ}B-B} \right|, \text{ мкм}$$

4. Максимальних значень зазорів j -гідророзподільника, g -з'єднання.

Значення ряду отримані з різниці:

$$S = D_{K_{maxjg}} - D_{Z_{minjg}}$$

де $D_{K_{maxjg}}$, $D_{Z_{minjg}}$ - відповідно максимальне значення діаметра отвори

корпусу та мінімальне значення діаметра золотника j - гідророзподільника, g - з'єднання, мкм;

Статистична обробка мікрометражних даних проводилася з використанням прикладних пакетів статистичних програм Statgraf, 8stat, Excel

97

Параметри теоретичного закону розподілу зазору в з'єднаннях «золотник-корпус» у трипараметричній формі:

$$f(S) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{S-S_T}{a} \right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{S-S_T}{a} \right)^b} \quad (3.3.)$$

визначали аналітичним методом

Математичне очікування зазору без урахування нормативних вимог, мкм:

$$\bar{S}_2 = \bar{S}_1 - S_T \quad (3.4.)$$

\bar{S}_1 – математичне очікування фактичного проміжку, мкм;

S_T – конструктивно-технологічний зазор, мкм.

Коефіцієнт варіації розподілу зазору без урахування нормативних вимог:

$$v = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{S}_2} \quad (3.5.)$$

Коефіцієнти та параметри закону розподілу (3.3.), b і K_b ,

$$a = \frac{\bar{S}_2}{K_b} \quad (3.6.)$$

3.7. Методика стендових та експлуатаційних випробувань відновлених гідророзподільників

Оцінку якості відновлення та гідророзподільників здійснювали за допомогою приймальних випробувань моделі КІ-4815 (рис.3.13.).

Стенд забезпечує можливість визначити:

- умови функціонування;
- герметичність золотникової пари гідророзподільника;
- зовнішню герметичність;
- внутрішню герметичність;
- регулювання та контроль тиску налаштування запобіжного клапана;
- величину спрацьовування автомата повернення золотника;
- перепад тиску;
- час підйому та опускання.



Рис. 3.13. Стенд КІ-4815

Перед експлуатаційними випробуваннями відновлені гідророзподільники перевірялися на гідравлічну щільність і налаштовувалися на стенді КІ-4815. Випробування проводили згідно з технічними вимогами на капітальний ремонт ТК 70.0001.018–81. Необхідне навантаження для перевірки функціонування розподільника створювали вручну за допомогою дроселя. Перевірений золотник встановлювали в нейтральну позицію.

Робочу рідину подавали в канал, що веде до циліндра під тиском 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 МПа. Вимірювання витоків здійснювали за 1 хв, при температурі робочої рідини $45-55^{\circ}\text{C}$ з нагнітального каналу гідророзподільника. У відремонтованих золотникових пар гідророзподільників Р-75 при тиску 7 МПа вони повинні становити не більше $3-4\text{ см}^3/\text{хв}$. Як робочу рідину використовували мінеральну оливу, що має при температурі 50°C в'язкість 60–70 Ст. Вимірювання витоків за одну хвилину повторювали не менше трьох разів. Відновлені гідророзподільники, як відповідні технічним умовам капітальний ремонт, передано в експлуатацію.

Спостереження в умовах експлуатації є процесом, що забезпечує отримання достовірної інформації про надійність спостережуваних об'єктів. Мета планування спостережень полягає у визначення необхідного обсягу

спостережень для отримання оцінок показників надійності із заданою точністю та достовірністю.

Методи оцінки зносостійкості відновлених деталей рекомендує: для випробувань за методами груп Б, В, Р обсяг партії деталей щонайменше 10 штук. Проведений розрахунок відповідно до ГОСТ 27.502-83 показав, що $N=10$ при наступних вихідних даних:

- гранична відносна помилка $\delta = 0,15$;
- довірна ймовірність $\alpha = 0,9$;
- пропонований коефіцієнт варіації ресурсу складальної одиниці 0,35.

Відновлені гідророзподільники встановлювали на трактори МТЗ-80 та ПМЗ у господарствах. Кількість досконалих циклів роботи реєструвалася механічними лічильниками СЕ-65, а напрацювання виробу – за лічильниками мото-год. на двигуні.

На підконтрольну партію заводився журнал спостережень, у якому з періодичністю раз на місяць заносилися відомості про технічний стан гідророзподільника та його напрацювання. При настанні відмови фіксувалося напрацювання гідророзподільника, встановлювалась причина відмови, та спостереження за цим об'єктом припинялося. Спостереження за підконтрольною партією проводилися протягом року з початку експлуатації, після чого фіксувалося напрацювання до цензурування для кожного гідророзподільника.

Оцінка показників надійності відремонтованих складальних одиниць визначається параметричним методом згідно з ГОСТ 27.504-84.

Параметри розподілу Вейбулла-Гнеденка a та b обчислюються шляхом рішення рівняння правдоподібності щодо \bar{b} :

$$\left(\frac{r}{\bar{b}} + \sum_{i=1}^r \ln t_i\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^r t_i^{\bar{b}} + \sum_{j=1}^n \tau_j^{\bar{b}}\right) - r \cdot \left(\sum_{i=1}^r t_i^{\bar{b}} \ln t_i + \sum_{j=1}^n \tau_j^{\bar{b}} \ln \tau_j\right) = 0$$

(3.7)

де r – кількість напрацювань до відмови;

n – число напрацювань до цензурування;

t_i – напрацювання до цензурування i -го об'єкта;

τ_j – напрацювання до відмови j -го об'єкту.

Рішення рівняння правдоподібності здійснюється у наступній послідовності:

1. Обчислюємо коефіцієнт A :

$$A = \frac{\sum_{j=1}^n \ln \tau_j}{r} \quad (3.8.)$$

2. Обчислюємо початкове наближення \bar{b}_0 :

$$\bar{b}_0 = \frac{r}{(A - \ln t_{(1)}) \cdot (0,23 \cdot r + 3,71)} \quad (3.9)$$

3. Обчислюємо уточнене значення \bar{b}_{k+1} ($k = 0, 1, 2, \dots$)

$$\bar{b}_{k+1} = \left(\frac{\sum_{i=1}^r \ln t_i \cdot t_i^{\bar{b}_k} + \sum_{j=1}^n \ln \tau_j \cdot \tau_j^{\bar{b}_k}}{\sum_{i=1}^r t_i^{\bar{b}_k} + \sum_{j=1}^n \tau_j^{\bar{b}_k}} - A \right)^{-1} \quad (3.10)$$

4. Визначають уточнене значення \bar{b}_{k+1}^y ($k = 1, 2, \dots$)

$$\bar{b}_{k+1}^y = \bar{b}_{k+1} = \frac{(\bar{b}_{k+1} - \bar{b}_k) \cdot (\bar{b}_{k+1} - \bar{b}_k^y)}{(\bar{b}_k + \bar{b}_{k+1}^y) \cdot (\bar{b}_k^y + \bar{b}_{k+1}^y)} \quad (3.11)$$

5. Процес перебування наближення припиняється, коли виконується умова:

$$\left| \frac{\bar{b}_{k+1} - \bar{b}_k^y}{\bar{b}_k^y} \right| \leq \varepsilon \quad (3.12)$$

6. Підвищують оцінку параметра:

$$\bar{a} = \left(\frac{\sum_{i=1}^r t_i^{\bar{b}} + \sum_{j=1}^n \tau_j^{\bar{b}}}{r} \right)^{\frac{1}{\bar{b}}} \quad (3.13)$$

7. Визначають точкову оцінку напрацювання до відмови:

$$\bar{t} = \bar{a} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\bar{b}}\right)$$

де $\Gamma(\dots)$ — гама-функція.

8. Визначають точкову оцінку 80% напрацювання до відмови:

$$\bar{t}_{80\%} = \bar{a} \cdot \left(-\ln \frac{80}{100} \right)^{\frac{1}{\bar{b}}}$$

9. Визначають верхню та нижню двосторонні довірчі межі для середньої та 80% напрацювань повністю при довірчій ймовірності 0,90:

$$\bar{t}_B = \bar{t} \cdot (1 + \varepsilon_B)$$

$$\bar{t}_H = \bar{t} \cdot (1 + \varepsilon_H)$$

Після цього проводять порівняння середнього та 80% напрацювань до відмов дослідних зразків із напрацюваннями серійних виробів.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати дослідження дефектів та зносів деталей з'єднання «золотник-корпус» гідророзподільників

Відповідно до поставленого завдання представлено дослідження дефектів та зносів золотникових пар гідророзподільників з метою заміни розточування отворів на наплавлення, був проведений мікрометраж деталей згідно з методикою представленої у п. 3.2.

В результаті досліджень було встановлено:

1. Зношування поясів отворів корпусу відбувається нерівномірно. У отворів корпусів максимально зношується поясок 3 (рис. 3.3), мінімально поясок 1. Середній знос 3 пояски більше 1 в 2,7 рази, а максимальне зношування - більше 2,3 рази і становить 50 мкм при середньому значенні 17,2

мкм.

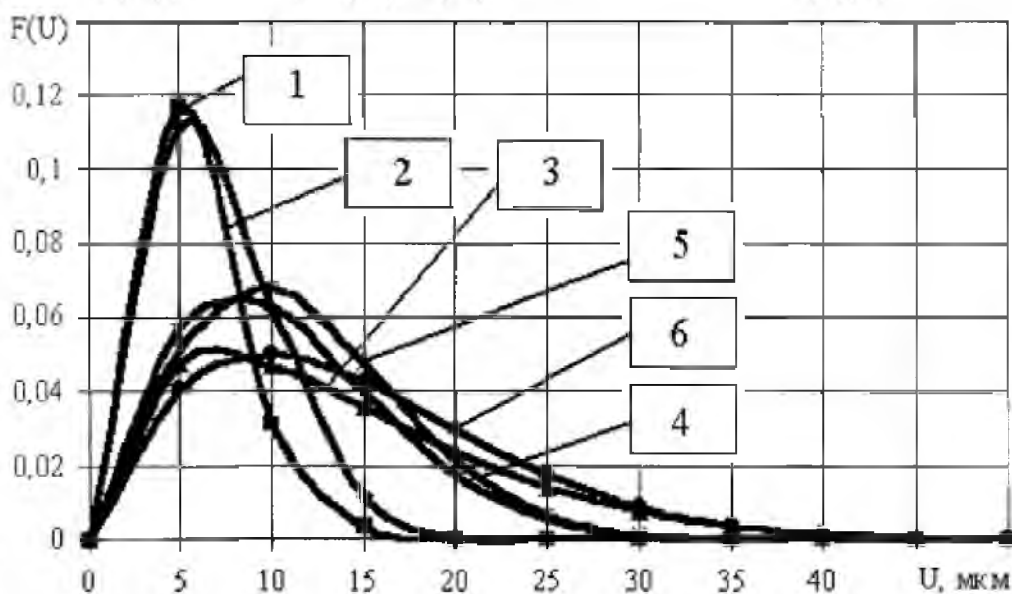


Рис. 4.1. Розподіл максимальних зношування поясів отворів корпусів гідророзподільників

Відповідно до висновків фактичний знос пояска створу корпусу перевищує допустимий у 2,1 рази. Поясок отвору корпусу зношується в 1,2

разів інтенсивніше, ніж інші деталі, з чого випливає, що досліджувана партія гідророзподільників експлуатувалась при забрудненій рідині, що містить вогнетривких домішок менше 0,04%.

На рис. 4.1 представлені щільності розподілу максимальних зносів поясків отворів корпусів, що підпорядковані закону Вейбулла-Гнеденко у три параметричній формі:

$$f(U) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{U}{a}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{U}{a}\right)^b}$$

де U – значення максимальних зносів поясків отворів корпусів та золотників, мкм.

Основні статистичні характеристики та параметри закону розподілу максимальних зносів поясків отворів корпусів представлені у таблиці 4.1.

2. Відхилення геометричної форми:

а) еліпсність поясків отворів корпусу, в середньому 3,55-4,48 мкм, при максимальній величині 15-19 мкм.

На рис. 4.2 представлені щільності розподілу максимальної еліпсності поясків отворів корпусів описуються законом розподілу Вейбулла-Гнеденка у двопараметричній формі:

$$f(Eл) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{Eл}{a}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{Eл}{a}\right)^b}$$

де $Eл$ – значення максимальної еліпсності поясків отворів корпусів, мкм.

Основні статистичні характеристики та параметри закону розподілу максимальної еліпсності поясків отворів корпусів представлені у таблиці 4.1.

б) конусність поясків отворів корпусу, в середньому 3,43-7,4 мкм, при максимальній величині 13-38 мкм.

На рис. 4.5-4.6 представлені щільності розподілу максимальної конусності поясків отворів корпусів і золотників, що підпорядковуються закону Вейбулла у двопараметричній формі:

$$f(K) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{K}{a}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{K}{a}\right)^b}$$

де K – значення максимальної конусності поясків отворів корпусів та золотників, мкм.

Основні статистичні характеристики та параметри закону розподілу максимальної конусності поясків отворів корпусів та золотників представлені у таблиці 4.1

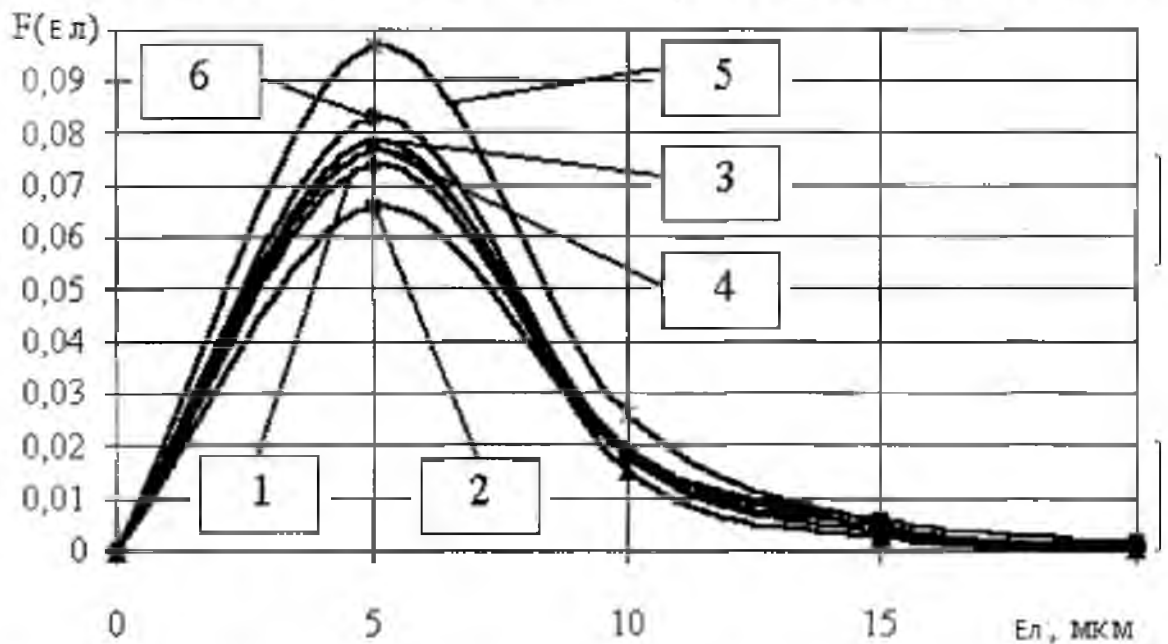


Рис. 4.7 Розподіл максимальної еліпсності пасків отворів корпусів гідророзподільників

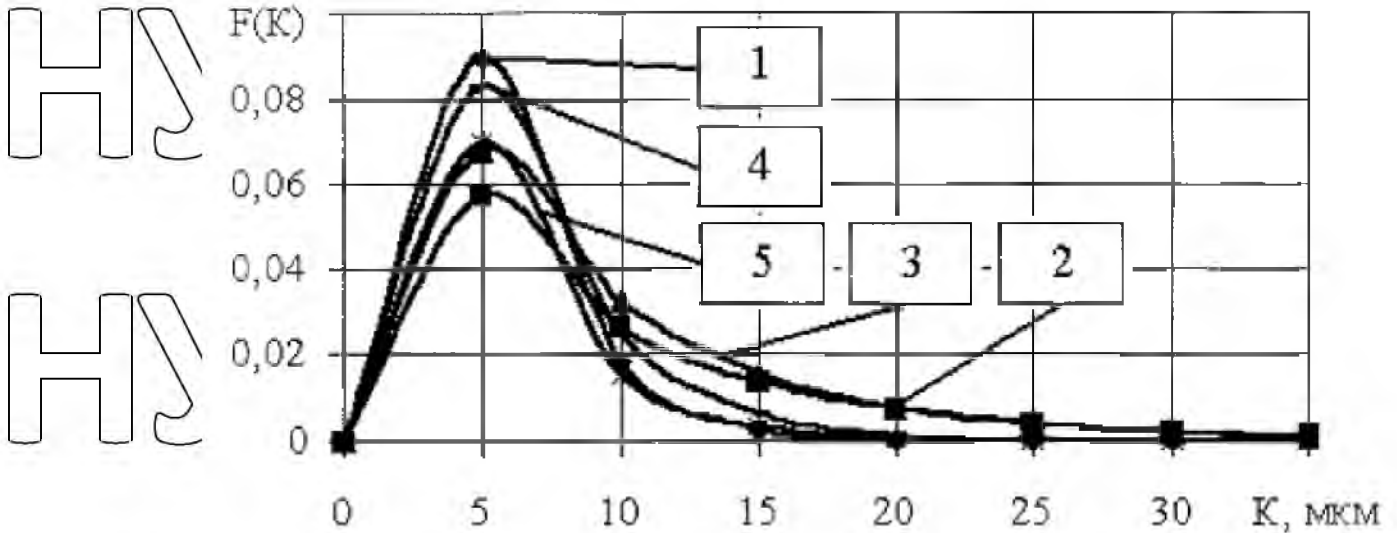


Рис. 4.5. Розподіл максимальної конусності поясків отворів корпусів гідророзподільників

Дослідження показують, що лише 6,6% деталей сполуки не мають відхилень геометричної форми, що дуже важливо при організації процесу перекомплектування.

Таблица 4.1.

Основні статистичні характеристики та параметри розподілу закону Вейбулла-Гнеденка

| № | Статистичні характеристики та параметри закону Вейбулла-Гнеденка | Номери поясків | | | | | |
|-----------------|--|----------------|------|-------|-------|-------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Отвори корпусів | | | | | | | |
| 1 | Лінійні зноси: | | | | | | |
| | \bar{U} , мкм | 6,35 | 8,0 | 17,07 | 12,0 | 12,05 | 8,03 |
| | σ , мкм | 5,24 | 6,04 | 9,81 | 7,77 | 5,78 | 6,5 |
| | v | 0,84 | 0,76 | 0,57 | 0,65 | 0,48 | 0,81 |
| | a , мкм | 6,63 | 8,61 | 19,57 | 13,33 | 13,44 | 8,53 |
| | b , мкм | 1,2 | 1,33 | 1,83 | 1,57 | 2,2 | 1,24 |
| 2 | Еліптичність: | | | | | | |
| | Ел, мкм | 3,73 | 4,03 | 3,55 | 4,0 | 4,48 | 3,78 |
| | σ , мкм | 3,53 | 4,27 | 3,07 | 3,7 | 3,5 | 3,25 |

| | | | | | | | |
|---|----------------|------|------|------|------|------|------|
| | v | 0,95 | 1,06 | 0,86 | 0,93 | 0,78 | 0,86 |
| | a , мкм | 3,76 | 3,73 | 3,69 | 3,98 | 4,86 | 3,92 |
| | b , мкм | 1,05 | 0,94 | 1,16 | 1,08 | 1,3 | 1,16 |
| 3 | Конусність | | | | | | |
| | K , мкм | 3,92 | | 6,9 | 7,4 | 4,52 | 3,43 |
| | σ , мкм | 3,14 | | 8,66 | 7,58 | 3,99 | 3,36 |
| | v | 0,80 | | 1,26 | 1,02 | 0,88 | 0,98 |
| | a , мкм | 4,17 | | 6,06 | 6,87 | 4,69 | 3,43 |
| | b , мкм | 1,26 | | 0,8 | 0,98 | 1,14 | 1,02 |

Мінімальне та максимальне значення фактичного зазору з'єднання «золотник – корпус» відповідно 21 та 91 мкм, середнє значення $S_1 = 48,3$ мкм, коефіцієнт варіації $v = 0,36$

На рис. 4.3. представлена щільність розподілу зазору в з'єднаннях «золотник-корпус», що підпорядковується закону Вейбулла-Гнеденка у трипараметричній формі:

$$F(S) = 0,055 \cdot \left(\frac{S - 12}{40,78} \right)^{1,25} \cdot e^{-\left(\frac{S - 12}{40,78} \right)^{2,25}}$$

при $S \geq S_T$ з параметрами $a = 40,78$; $b = 2,25$, $S_T = 12$ мкм.

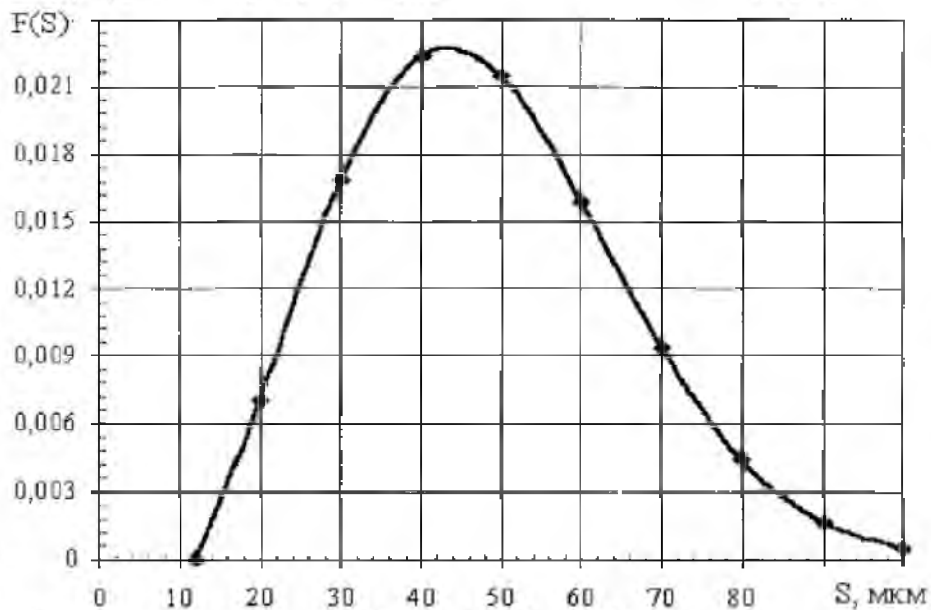


Рис. 4.3 Розподіл зазору в з'єднанні "золотник-корпус"

При дослідженні партії корпусів крім зносу та відхилення геометричної форми золотникових отворів були виявлені такі дефекти: тонкові каверни, подряпини та ризики вздовж отвору, подряпини та ризики по діаметру поясків отвори, вирощування або вимивання зерен графіту, кромки. Крім того, як наслідок окисного зносу, на поверхнях поясків мають місце темні плями неправильної форми. Коефіцієнт повторюваності та способи усунення вищезгаданих дефектів представлені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

| Дефекти | Повторюваність дефекту | | Спосіб усунення | |
|---|------------------------|-----|------------------------------------|------------------|
| | коефіцієнт | у % | старий | новий |
| | | | | |
| 1. Знос і відхилення геометричної форми | 1 | 100 | Переточування під ремонтний розмір | Метод ЕІН |
| 2. Точкові каверни | 0,31 | 31 | Переточування під ремонтний розмір | Метод ЕІН |
| 3. Подряпини і ризики вздовж отвору | 0,23 | 23 | Переточування під ремонтний розмір | Метод ЕІН |
| 4. Подряпини і переточування по діаметру поясків отвору | 0,67 | 67 | Переточування під ремонтний розмір | Метод ЕІН |
| 5. Сліди захоплення | 0,39 | 39 | Переточування під ремонтний розмір | Метод ЕІН |
| 6. Скол крайок | 0,048 | 4,8 | Не відновлюється | Не відновлюється |

До теперішнього часу при відновленні з'єднання вищезазначені дефекти не усувалися взагалі або усувалися при розточуванні на один із п'яти ремонтних розмірів (крім 6). Застосування методу ЕІН відновлення

золотникового отвору дозволяє повністю усунути вище зазначені дефекти (крім 6).

Аналіз результатів мікрометражних досліджень показує, що основною причиною втрати працездатності пари «золотник-корпус» є знос та відхилення геометричної форми поясків корпусу. У зв'язку з цим відновлення корпусів як типових деталей з малими експлуатаційними лінійними зносами, що не перевищують 45 мкм по діаметру, раціонально проводити електроіскровою наплавкою.

4.2. Результати вибору робочих матеріалів, режимів роботи установки та часу наплавлення поясків при відновленні чавунних корпусів гідророзподільників

Графіки зміни товщини покриття і маси зразків, в залежності від часу наплавлення необертювими і обертовими електродами з різних матеріалів на різних режимах роботи установки «Елітрон-22БМ», представлені у додатку 2.

Усі експериментальні криві h (товщини покриття) залежно від часу наплавлення t містять:

- ділянку a , де суцільність покриття зростає від нуля до 60%;
- ділянку b , де суцільність монотонно зростає від 60% до шах значення, потім монотонно падає до 70-75%. Значком "х" відзначено t_{opt} , при якому має місце максимальна суцільність покриття;
- ділянку c , де суцільність падає до 30-40%);
- ділянку d (тільки стосовно електрода Бр ОФ 10-1 на п'ятому режимі установки), де покриття, що наноситься формується «бутрами».

Падіння суцільності обумовлено різко зростаюш; шорсткістю і руйнуванням частини сформованого покриття. Найкраща якість покриття, що наноситься має місце при t_{opt} . З графіків додатка 2 випливає, що застосування обертаючого електрода скорочує час досягнення максимального значення товщини покриття та суттєво покращує його якість.

Результати нільового експерименту представлені у таблиці 4.3. Тут прийняті такі позначення: t_{opt} , t_{max} , P_{opt} , P_{max} – відповідно оптимальне і максимальне питомий час наплавлення одного см^2 , а також оптимальна та максимальна товщина покриття, мкм.

Для відновлення зношених корпусів, як показали дослідження (див. п. 4.1.), необхідно в середньому наносити по діаметру поясків шар до 80 мкм. Можна стверджувати, що здебільшого всі розглянуті матеріали електродів дозволяють вирішити це завдання навіть третьому режимі роботи установки.

При цьому перехід на 4 та 5 режими дозволяє підвищити продуктивність процесу у кілька разів. Особливо чітко це проявляється при використанні електрода, що обертається. Тут продуктивність процесу збільшується ще більше.

Витрати чистого машинного часу на ЕІН деталі становитимуть:

$$T_{д}^{ЕІН} = t_{opt} \cdot F_{д}^{ЕІН, хв}$$

де $F_{д}^{ЕІН}$ - площа оброблюваної ЕІН поверхні деталі в см^2 при заданому значенні h_{opt} , яке в свою чергу визначається вихідними параметрами: У - установка для ЕІН, Р - енергетичний режим, що використовується установки, $M_{д}$ - матеріал деталі, $M_{ел}$ - матеріал електрода.

Результати експерименту з оцінки часу наплавлення $t_{\text{опт}}$ чавунних зразків

СЧ21 ГОСТ 1412-79

| № п/п. | Матеріал електрода та режим установки | Без обертання електрода | | З обертанням електрода | |
|-----------|--|---|---|---|---|
| | | $t_{\text{опт}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ | $t_{\text{max}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ | $t_{\text{опт}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ | $t_{\text{max}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ |
| | | $h_{\text{опт}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ | $h_{\text{max}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ | $h_{\text{опт}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ | $h_{\text{max}}, \frac{\text{XB}}{\text{CM}^2}$ |
| 1 | У10, режим 3; режим 4; режим 5. | 5/30 2/70 2/65 | 34/100 12/225 8/140 | 1,3/10 2/40 1,5/135 | 1,5/11 3,5/50 5/280 |
| 2 | Ст3, режим 3; режим 4; режим 5. | 4/22 2/50 1,5/80 | 21/50 9/120 6/180 | 1,5/22 1,5/120 5/120 | 2/23 3,5/190 2/165 |
| 3 | Св08Г2С режим 3; режим 4; режим 5. | 4/25 3/55 2,5/70 | 17/55 15/125 12/190 | 2/25 3/225 2/125 | 3/29 8/400 14/560 |
| 4 | 65Г, режим 3; режим 4; режим 5. | 3/27 2/70 2/85 | 6/35 12/210 8/220 | 2/50 2/70 1/175 | 7/110 11/210 3,5/400 |
| 5 | БрОЦС555, режим 3; режим 4; режим 5. | 2,5/16 3/65 2/75 | 3/16 5/78 2,5/75 | 1/10 2/80 2/70 | 1,5/12 12/275 17/1100 |
| 6 | БрОФ10-1, режим 3; режим 4; режим 5. | 4/22 5/50 3/65 | 12/38 14/75 19/115 | 2/70 2/120 - | 3,5/80 10/355 2,6/860 |
| 7 | М16, режим 3; режим 4; режим 5. | 3/25 3/40 2/50 | 14/65 13/85 7/95 | 2/30 4/55 3/80 | 4,5/45 10/80 5/95 |

Розглянемо критерій ефективності обробки ЕПН (див. табл. 4.4.)

$\frac{\text{мкм} \cdot \text{см}^2}{\text{XB}}$

$$m_{\text{опт.}}(P_i) = \frac{h_{\text{опт}}}{t_{\text{пот}}}$$

та відносний критерій ефективності переходу від одного режиму роботи до наступного

$$\frac{m_{\text{опт.}(P_i)}}{m_{\text{опт.}(P_3)}}, \text{ де } i = 3, 4, 5.$$

Ці критерії показують, що не завжди ефективний перехід від електрода, що не обертається до обертового. В окремих випадках ефективність електрода, що обертається нижче електрода без обертання.

Таблиця 4.4.

Критерій ефективності обробки ЕІН деталей із чавуну марки СЧ21

електродами з різних матеріалів з обертанням та без обертання електрода

| № п/п | Матеріал електрода і режим установки | $m_{\text{опт.}(P_i)} = \frac{h_{\text{опт.}}}{t_{\text{пот}}}$, де $i = 3, 4, 5$. | | $\frac{m_{\text{опт.}(P_i)}}{m_{\text{опт.}(P_3)}}, \text{ де } i = 3, 4, 5.$ | |
|-------|--------------------------------------|--|---------------------|---|---------------------|
| | | Необертаючий електрод | Обертаючий електрод | Необертаючий електрод | Обертаючий електрод |
| 1. | У10, режим 3; | 5,4 | 4,0 | 0,0 | 1 |
| | режим 4; | 32,0 | 29,0 | 5,9 | 5,0 |
| | режим 5. | 32,5 | 90,0 | 6,0 | 22,5 |
| 2. | Ст3, режим 3; | 4,3 | 14,7 | 1 | 1 |
| | режим 4; | 21,7 | 80,0 | 5,0 | 5,4 |
| | режим 5. | 50,0 | 120,0 | 11,6 | 8,2 |
| 3. | Св08Г2С, режим 3; | 6,3 | 12,5 | 0,0 | 1 |
| | режим 4; | 18,3 | 73,0 | 2,9 | 6,0 |
| | режим 5. | 28,0 | 62,5 | 4,4 | 5,0 |
| 4. | 65Г, режим 3; | 8,7 | 25,0 | 1 | 1 |
| | режим 4; | 35,0 | 35,0 | 4,0 | 1,4 |
| | режим 5. | 42,5 | 200,0 | 4,9 | 8,0 |
| 5. | БрОЦС55, режим 3; | 5,3 | 10,0 | 1 | 1 |
| | режим 4; | 21,7 | 40,0 | 4,1 | 4,0 |
| | режим 5. | 37,5 | 35,0 | 7,1 | 3,5 |
| 6. | БрОФ 10-1, режим 3; | 5,5 | 35,0 | 1 | 1 |
| | режим 4; | 10,0 | 63,3 | 1,8 | 1,8 |
| | режим 5. | 21,7 | - | 3,9 | - |
| 7. | Мі6, режим 3; | 8,3 | 17,0 | 1 | 1 |
| | режим 4; | 13,3 | 13,8 | 1,6 | 0,9 |
| | режим 5. | 25,0 | 26,7 | 3,0 | 1,8 |

Вибір найбільш оптимального матеріалу електрода для конкретної задачі залежить від багатьох факторів. Стосовно відновлення корпусів гідророзподільників необхідно провести випробування на знос спеціальних модельних зразків з матеріалів, що розглядаються в з'єднанні з моделлю золотника зі сталі 15Х твердістю за ІКС до 56...63.

Для забезпечення високого контролю ЕІН необхідно періодично контролювати та коригувати параметри $t_{\text{опт}}$ і $h_{\text{опт}}$. Це пов'язано з тим, що $t_{\text{опт}}$ і $h_{\text{опт}}$ можуть змінюватися у зв'язку:

- із зміною температури навколишнього середовища;
- із зміною хімічного складу та структури електродів;
- із старінням вузлів та деталей установки та вібратора, їх ремонтом з заміною елементів, що вийшли з ладу, струмопровідних проводів і т.д.

4.3. Результати стендових та експлуатаційних випробувань відновлених гідророзподільників

Випробування та перевірка на гідрошільність відновлених з'єднань проводилась згідно з методикою описаною в п. 3.7.

Випробування показали, що витікання гідравлічної оливи у з'єднаннях, відновлених методом ЕІН, з технологічним зазором 6-8 мкм зі збільшенням тиску в гідросистемі з 7 до 12 МПа знаходяться в межах 1,9-3 мм³/хв. (рис. 4.4),

що відповідає допустимому значенню за технічними вимогами. Гідравлічна шільність з'єднань відновлених перекомплектовкою, з тим самим технологічним зазором при тиску в гідросистемі 7 МПа, нижче в 1,3 рази.

Зниження витоків робочої рідини пояснюється особливостями рельєфу покриттів, отриманих методом ЕІН, і, зокрема, наявністю ненаскрізних масляних кишень.

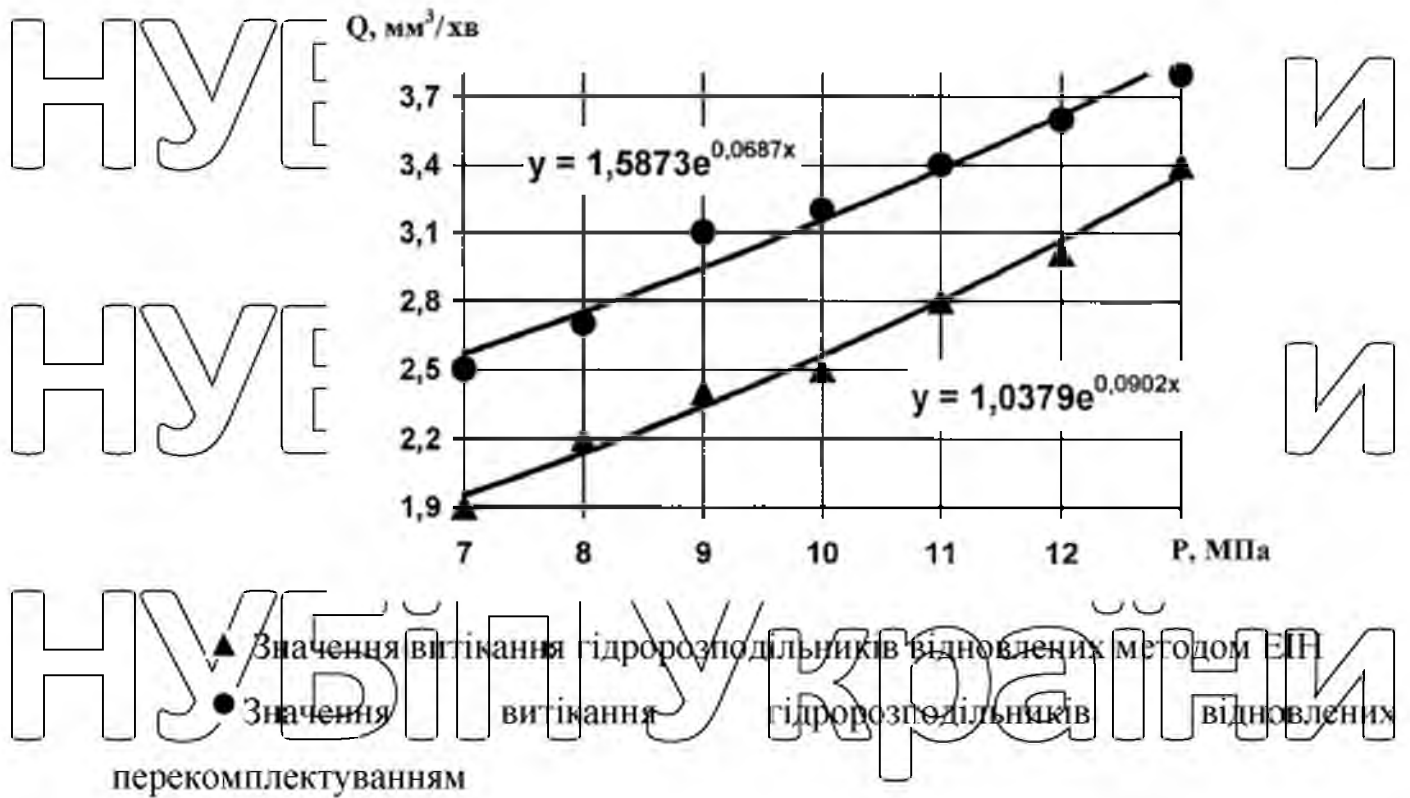


Рис. 4.4. Витікання робочої рідини зі збільшенням тиску в гідросистемі при постійному технологічному зазорі

Експлуатаційні випробування гідророзподільників проводилися з метою виявлення ефективності розробленого технологічного процесу відновлення зношених отворів у корпусах гідророзподільників.

На випробування було прийнято 10 гідророзподільників відремонтованих методом ЕН та 10 комплектів, як що відповідають технічним вимогам на капітальний ремонт.

Відновлені гідророзподільники встановлювали на трактори МТЗ-80 та ПМЗ.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВІДТВОРЕНЬ У КОРПУСАХ ГІДРОРОСПІЛЬНИКІВ І ОЦІНКА ЙОГО ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Розробка технологічного процесу відновлення отворів у корпусах гідророзподільників електроіскровою наплавленням

Технологічні процеси проектуються відповідно до вимог стандартів ЕСКД та ЕСТД, а також з урахуванням доповнень, роз'яснень та обмежень, викладених у керівних технічних матеріалах та галузевих стандартах.

При проектуванні технологічних процесів ремонту виробу розробляють відповідну документацію за ГОСТ 3.1408-85: маршрутні картки (МК), картки ескізів (КЕ), операційні картки (ОК), картки технологічних процесів (КТП), карти типових технологічних процесів (КТТП) та відомості оснастки (ВО).

Вихідні дані для проектування технологічного процесу відновлення отворів у корпусах гідророзподільників такі:

1. Відомості про дефекти та передбачувану програму відновлення деталей.

Виконані в роботі мікрометражні дослідження показали, що основним дефектом золотникової пари є знос робочих поясів золотника та корпусу. Коефіцієнт повторюваності дефекту дорівнює 1,0. Очікувана програма відновлення складала 300 гідророзподільників (900 золотникових пар) на рік.

2. Організаційна форма відновлення деталей. При розробці технологічного процесу повинні враховуватись можливості ремонтних підприємств та їх технічне оснащення.

3. Вибраний раціональний спосіб усунення дефектів по кожному маршруту. Експериментальні дослідження показали, що найоптимальнішим способом відновлення є ЕІН.

4. Схеми технологічних процесів усунення кожного дефекту.

5. План виконання всіх операцій, передбачених маршрутом.

Проектування маршруту обробки.

При використанні цього технологічного процесу допускається заміна в ньому обладнання та оснащення іншими обладнанням та оснащенням, що забезпечують задані параметри обробки та вимірювання елементів (поверхень).

005. Мийна.

Видалити з відновлюваних поверхонь деталі іржу, бруд, змащення ганчіркою, змоченою в розчиннику (уайт-спирт, ацетон, гас).

010. Дефектувальна.

1. Дефектувати деталі згідно з технічними вимогами на капітальний ремонт ТК 70.0001.018-81.

2. Мітити деталі j - гідророзподільника, g - з'єднання.

3. Визначити найбільший діаметр пасків отвору корпусу – розмір $D_{k_{maxjg}}$ мм.

4. Визначити найменший діаметр поясків золотника – розмір $D_{z_{maxjg}}$ мм.,

5. Визначити остаточний діаметр поясків отвору корпусу та поясків золотника після виведення слідів зносу - відповідно розміри А та В, мм:

$$A = D_{k_{maxjg}} + (\delta_{max_{k_{jg}}} + \delta_{max_{k_{jg}}} * 0,3);$$

$$B = D_{z_{maxjg}} + (\delta_{max_{z_{jg}}} + \delta_{max_{z_{jg}}} * 0,3);$$

де $\delta_{max_{k_{jg}}}$, $\delta_{max_{z_{jg}}}$ - відповідно максимальне відхилення геометричної форми отвору корпусу та золотника j - гідророзподільника, g - з'єднання, мм.

015. Притирочна.

1. Виводити сліди зносу та виправляти геометричну форму поясків золотника, витримуючи розмір А.

Режими: частота обертання золотника - $N_{gr} = 150-200$ об/хв.; питомий тиск $0,8 - 1,5$ кг/см²; число подвійних ходів притиру - 20-30 ход/хв.; вихід притиру за останні пояски золотника - 45-50 мм; рух притиру - зворотно-поступальне; час обробки $t_0 = 8$ хв (визначено хронометражем).

Протерти золотник ганчіркою змоченою в розчиннику.

Зняти золотник.

2. Виводити сліди зносу та виправляти геометричну форму поясків отвори корпусу, витримуючи розмір Ст.

Режими: питомий тиск 0,8-1,5 кгс/см²; вихід притиру за крайні пояски отвору - 45...50 мм; число подвійних ходів притиру - 20...30 ход/хв; рух притира - зворотно-поступальний з обертанням; час обробки $t_0 = 10$ хв (визначено хронометражем).

Протерти корпус ганчіркою змоченою в розчиннику.

020. Електроіскрове наплавлення.

1. Встановити корпус у пристосування та закріпити.

2. Нанести на паски 1; 2 шар завтовшки щонайменше $h = A - B - S_T + 2Z_K$ мм на діаметр електродом із міді марки М1 Ø 4-5 мм.

Режими: режим установки - 5 ($I = 3,8$ А; $V = 96$ В); амплітуда 8-9; $t_L = 1,5-2$ хв/см²; кут нахилу електрода 20-35° до осі отвору.

3. Повернути корпус до 180°.

4. Нанести на пояски 3,4,5 шар завтовшки не менше $h = A - B - S_T + 2Z_K$ мм на діаметр електродом з міді марки М1 Ø 4-5 мм.

Режими: режим установки - 5 ($I = 3,8$ А; $V = 96$ В); амплітуда 8-9; $t_L = 1,5-2$ хв/см²; кут нахилу електрода 20-35° до осі отвору.

5. Зняти корпус.

025. Довідна.

1. Обробити отвір, витримуючи зазор у з'єднанні «золотник-корпус» 12 ± 4 мкм.

Режими: питомий тиск $Q = 0,8-1,5$ кгс/см²; вихід притиру за крайні пояски отвору - 45...50 мм; число подвійних ходів притиру - 20...30 ход/хв; рух притира - зворотно-поступальний з обертанням; час обробки $t_0 = 10$ хв (визначено хронометражем).

Протерти корпус ганчіркою змоченою в розчиннику.

030. Контрольна.

Контролювати з'єднання з гідрощільності. При тиску $P=7-10$ МПа, витікання трохи більше $3 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Вибір засобів технологічного оснащення.

Операція 005. Мийна.

Устаткування. Мийна ванна.

Операція 010. Дефектувальна.

Устаткування. Контрольний стіл ОРТ 1468-01-060А, тиски слюсарні

ГОСТ 5698-76.

Мірний інструмент. Мікрометр важільний 25-50 ГОСТ 11098-75 з точністю $0,001 \text{ мм}$; індикаторний нутромір 18-25 ГОСТ 868-82 з точністю $0,001 \text{ мм}$.

Операція 015. Притирочна.

Устаткування. Верстат слюсарний.

Ріжучий інструмент. Притир чавунний гладкий НВ 100-200 обробки зовнішніх поверхонь; алмазна паста АСМ 7/5 ГОСТ 9206-80 з зернистістю 5-7 мкм; притир чавунний спеціальний оброблений молібденом методом ЕІЛ для обробки внутрішніх наскрізних отворів.

Мірний інструмент. Мікрометр важільний 25-50 ГОСТ 11098-75 з точністю $0,001 \text{ мм}$; індикаторний нутромір 18-25 мм ГОСТ 868-82 з точністю $0,001 \text{ мм}$.

Операція 020. Електроіскрове наплавлення.

Устаткування. Установа «Елітрон-22БМ» з ручним вібратором 05-31-277.009.

Пристосування. Контувальник.

Мірний інструмент. Індикаторний нутромір 18-25 мм ГОСТ 868-82 з точністю $0,001 \text{ мм}$.

Операція 025. Довідна.

Устаткування. Верстат слюсарний.

Ріжучий інструмент. Притир чавунний спеціальний оброблений мольбоденом методом ЕІІ для обробки внутрішніх наскрізних отворів; ельборова паєта ЛП МЗ-М2 ГОСТ 9206-80

Контрольний інструмент. Індикаторний вутромір 18-25 мм ГОСТ 868-82 з точністю 0,001 мм.

Операція 030 Контрольна.

Устаткування. Випробувальний стенд КІ-4815

Рекомендації щодо відновлення золотникової пари.

Основні рекомендації щодо технології відновлення пари зводяться до наступного:

1. До роботи допускаються оператори - зварювальники не нижче третього розряду, які мають не нижче третьої кваліфікаційної групи з електробезпеки, ознайомлені з «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів», затвердженими Головлерженергонаглядом 21.12.1984р.

2. При відновленні гідророзподільників малими партіями можна відмовитися від складної системи ремонтних розмірів золотників і корпусів, передбаченої чинною документацією. Ремонт раціонально робити, не знеособлюючи з'єднання.

3. При дефектації корпусу для визначення максимального зносу та максимального відхилення геометричної форми отвору достатньо заміряти 2 і 3 пояски в перерізах А-А та Б-Б у двох взаємно перпендикулярних площинах (див. рис.3.3.). При дефектації золотника для визначення максимального зношування та максимального відхилення геометричної форми достатньо заміряти 1 і 6 пояски в перерізах А-А та Б-Б у двох взаємно перпендикулярних площинах (див. рис.3.2.).

4. При відновленні отворів методом ЕІІ для зручності роботи рекомендується корпус гідророзподільника встановлювати у центрах токарного верстата (див. рис.5.1).

5. Робочим матеріалом електрода для відновлення отворів методом ЕП, за результатами експериментальних досліджень вибрано мідь марки М1. Поверхні, оброблені міддю, мають кращі триботехнічні властивості. Якщо виникає необхідність нанесення покриттів більшої товщини, потрібно наносити двошарові покриття: У10+М1; Ст.3+М1; Св08Г2С+М1; 65Г+М1.

6. Енергетичний режим установки вибирається відповідно до даних, наведених у табл.4.4. (Див. п.4.3.). Таблицею рекомендується користуватися так. Задавши U , $M_{дв}$, $M_{ел.}$, знаходять h_{opt} , яке влаштовує технолога. Воно є функцією режиму установки P . Якщо вибрати режим, що дає $h_{opt} \gg h_{техн.}$, виникають проблеми з непродуктивною витратою електродного матеріалу та з механічною обробкою нанесеного шару (тут $h_{техн.}$ - товщина шару необхідна технологу).

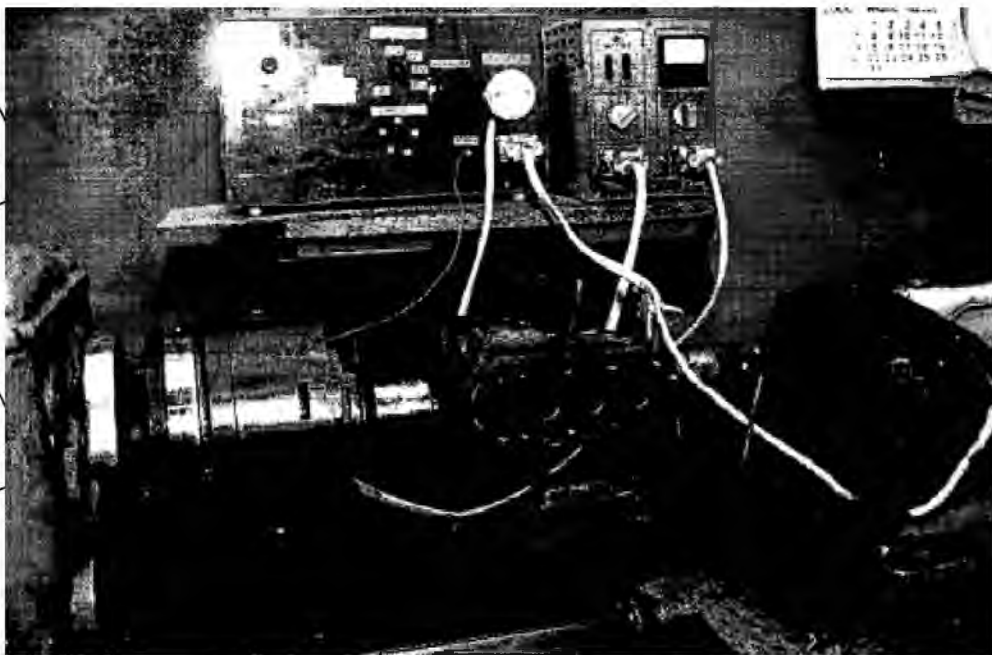


Рис. 5.1. Базування корпусу гідро розподільника при обробці отворів методом ЕП

7. При обробці методом ЕЦ необхідно передбачати технологічні перерви або застосовувати примусове охолодження електрода, так як це істотно впливає на якість шару, який формується.

При цьому діаметр електрода, мм, раціонально приймати не нижче номери режиму встановлення. Застосування меншого діаметра електрода сприяє якнайшвидшому перегріву його, що зрештою, негативно впливає на якість шару, що формується.

Комплект технологічної документації, розроблений у даній роботі відповідно до ГОСТ 3.1408-85 представлений у додатку.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5.1. Розрахунок економічної ефективності розробленого технологічного процесу

Економічний ефект відновлення корпусу гідро розподільника визначається зі порівняння наведених витрат на відновлення за базовою та запропонованою технологіями:

$$E_{\text{к}} = [(C_{61} + E_{\text{н}} K_1) \frac{P_{c1} + E_{\text{н}}}{P_{c2} + E_{\text{н}}} - (C_{62} + E_{\text{н}} K_2)] \cdot N \quad (5.1)$$

де C_{61} , C_{62} - собівартість відновлення, відповідно за базовим і нового способу, грн.;

K_1 , K_2 - питомі капітальні вкладення, необхідні базового та нового способів відновлення, грн./шт.;

P_{c1} , P_{c2} - величини, зворотні термінам служби з'єднання, відновленого базовим і новим способами;

$$P_{c1} = \frac{T_{\text{г}}}{W_{p1}}; \quad P_{c2} = \frac{T_{\text{г}}}{W_{p2}} \quad (5.2)$$

де $T_{\text{г}}$ - середнє річне напруцювання, 1820 год.;

W_{p1} , W_{p2} - середні міжремонтні ресурси з'єднань, відновлених відповідно базовим та новим способами.

$E_{\text{н}}$ - коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 0,15;

N - програма відновлення, шт.

Собівартість відновлення за базовим і новим способом відновлення розраховується за формулою, грн.:

$$C_{61} = C_{\text{дзп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{сс}} + C_{\text{м}} + C_{\text{тзр}} + C_{\text{ц}} + C_{\text{о}} + C_{\text{вп}} + C_{\text{ов}} \quad (5.3)$$

де $C_{озп}$ – основна зарплата виробничих робітників, грн.;
 $C_{дзп}$ – додаткова зарплата, грн;

$C_{сс}$ нарахування по соцстраху, грн.;

B_m – вартість матеріалів, грн.;

$C_{тзв}$ – транспортно-заготівельні витрати на матеріал, грн.;

$C_{ц}$ – цехові витрати, грн.;

C_o – витрати на утримання обладнання, грн.;

$C_{пв}$ – позавиробничі витрати, грн.;

$C_{вз}$ – загальнозаводські витрати, грн.
 Однією з перспективних технологій відновлення гідророзподільників Р-75 (Р-80), що забезпечує середній ресурс агрегатів на рівні нових, є ЕНІ поясків золотника з наступним притиранням.

Проведемо розрахунок собівартості відновлення за цим варіантом технології відповідно до даних планово-економічного відділу на кінець 2022 року.

Основна зарплата на відновлення однієї золотникової пари:

$C_{озп} = k_v \cdot T_v$, грн. (5.4)

де k_v – норма часу відновлення одного золотника (по хронометражу) –

T_v – годинна тарифна ставка слюсаря IV розряду, грн/год.

$C_{озп} = 1,32 \cdot 3,1 = 4,09$ грн

Додаткова заробітна плата:

$C_{дзп} = \frac{14,6 \cdot C_{озп}}{100}$, грн

$$C_{дзп} = \frac{14,6 \cdot 4,09}{100} = 0,6 \text{ грн}$$

Нарахування із соціального страхування:

$$C_{cc} = \frac{14 \cdot (C_{озп} + C_{дзп})}{100}, \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$C_{cc} = \frac{14 \cdot (4,09 + 0,6)}{100} = 0,66, \text{ грн}$$

Вартість матеріалу визначаємо за формулою:

$$V_m = k_m \cdot C_e, \text{ грн}$$

Вартість 1 кг електродів складає $C_e = 30,2$ грн. Витрата на один золотник становить до 0,01 кг.

$$z^{\wedge} = 0,01 \cdot 30,2 = 0,3 \text{ руб.}$$

Транспортно - заготівельні витрати на матеріал складають:

$$C_{тзв} = \frac{12 \cdot C_m}{100}, \text{ грн}$$

$$C_{тзв} = \frac{12 \cdot 0,3}{100} = 0,036 \text{ грн}$$

Цехові витрати:

$$C_{ц} = \frac{116,3 \cdot C_{озп}}{100}, \text{ грн}$$

$$C_{ц} = \frac{116,3 \cdot 4,09}{100} = 4,76 \text{ грн}$$

Витрати на утримання обладнання:

$$C_o = \frac{118,3 \cdot C_{озп}}{100}, \text{ грн}$$

$$C_o = \frac{118,3 \cdot 4,09}{100} = 4,84 \text{ грн}$$

Загальнозаводські витрати:

$$C_{зз} = \frac{73,7 \cdot C_{озп}}{100}, \text{ грн}$$

$$C_{зз} = \frac{73,7 \cdot 4,09}{100} = 3,01 \text{ грн}$$

Виробничі накладні витрати:

$$C_{вп} = \frac{1,16 \cdot (C_{озп} + C_{дзп} + C_{сс} + C_{м} + C_{тзр} + C_{д} + C_{о} + C_{зз})}{100}, \text{ грн}$$

$$C_{вп} = \frac{1,16 \cdot (4,09 + 0,6 + 0,66 + 0,3 + 0,036 + 4,76 + 4,84 + 3,01)}{100} = 0,21 \text{ грн}$$

Тоді собівартість відновлення золотника гідророзподільника ЕІН дорівнюватиме $C_{б1} = 18,51$ грн.

Аналогічно розраховуємо собівартість відновлення паски отвору ЕІН.

Основна зарплата за пропонованою технологією:

$$C_{озп} = 2,13 \cdot 3,1 = 6,6 \text{ грн.}$$

де норма часу на відновлення одного золотникового отвору становить (за хронометражем) – 2,13 год.;

Вартість матеріалу:

$$C_{м} = 0,01 \cdot 369 = 3,69 \text{ грн.}$$

де вартість 1 кг. електродів становить $C_{е} = 369$ грн., витрата на один отвір $k_{м} = 0,01$ кг.

Інші складові собівартості розраховані аналогічно базового способу відновлення та наведені в табл. 5.1.

Тоді собівартість відновлення за новою технологією складе:

$$C_{б2} = 29,7 \text{ руб}$$

Таблиця 5.1.

Значення складових собівартості відновлення

| Стаття витрат | $C_{дзп}$ | $C_{сс}$ | $C_{тзр}$ | $C_{д}$ | $C_{о}$ | $C_{вп}$ | $C_{зз}$ |
|---------------|-----------|----------|-----------|---------|---------|----------|----------|
| Розмір, грн | 0,96 | 1,06 | 0,044 | 7,67 | 7,81 | 0,33 | 4,86 |

НУБІП України

Економічна ефективність обладнання для відновлення золотників за базовим способом 161,4 тис. грн. пропонуваним - 21,3 тис. грн. Програма ремонту 300

гідророзподільників на рік (900 з'єднань). Тоді значення питомих капітальних вкладень дорівнюватимуть:

НУБІП України

$K_1 = 179,3 \text{ грн. / золотник};$
 $K_2 = 23,6 \text{ грн. / отвір}.$

Експлуатаційні спостереження показали, що середній міжремонтний ресурс гідророзподільників, відремонтованих за базовою технологією склав

НУБІП України

4860 мото-год., по новій 6470 мото-год.
 Звідси.

$$\frac{P_{c1} + E_n}{P_{c2} + E_n} = \frac{\left(\frac{1820}{4860}\right) + 0,15}{\left(\frac{1820}{6470}\right) + 0,15} = 1,22$$

НУБІП України

$E = [(18,51) + 0,15 \cdot 179,3] \cdot 1,22 - (29,7 + 0,15 \cdot 23,6) \cdot 300 = 19935$
 грн./рік.

Економічна ефективність впровадження нової технології становить 19 935 грн. на програму ремонту 300 гідророзподільників на рік.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. Сучасні трактори, комбайни, автомобілі, сільськогосподарські та меліоративні машини оснащуються значною кількістю гідрофікованих вузлів та агрегатів. Від їх технічного стану багато в чому залежить надійність та експлуатаційні показники ефективності використання техніки.

2. Аналіз мікрометражних даних показав, що ресурс гідророзподільників лімітується низькою зносостійкістю деталей з'єднання «золотник - корпус», коефіцієнт повторюваності дефекту дорівнює 1.

3. Встановлено, що методом перекомплектування можна відновлювати не більше 34% з'єднань, інші 66% необхідно відновлювати нанесенням шару металопокриття. Товщина нанесеного шару повинна компенсувати: припуски на виведення слідів зносу та виправлення геометричної форми золотника та отвори корпусу; знос золотника та отвори корпусу; припуск на фінішну обробку відновленого отвору. Для з'єднання з максимальним зносом - 0,091 мм необхідно нанести шар товщиною 0,145 мм, мінімальним зносом - 0,021 мм шар товщиною 0,040 мм на діаметр отвору корпусу.

4. Дослідженням умов взаємодії робочих поверхонь деталей вузла тертя «золотник - корпус» гідророзподільника встановлено, що підвищити його зносостійкість можна за рахунок зниження коефіцієнта зовнішнього тертя, підвищення міцності властивостей матеріалу поверхні отвори, зменшення наведеного комплексного параметра шорсткості. Виявлено, що найбільша швидкість наплавлення при зарядному струмі $I=0,6$ А, напрузі на накопичувальному конденсаторі 67 В, енергії розряду 0,28 Дж має електрод із міді марки М1 - 0,833 мм/хв; при зарядному струмі $I=2,6$ А, напрузі на накопичувальному конденсаторі 96 В, енергії розряду 0,81 Дж електрод зі сталі 65Г - 3,5 мм/хв і при зарядному струмі $I=3,8$ А, напрузі на накопичувальному конденсаторі 96 В, енергії розряду 1,66 Дж електрод із сталі 3 - 5,0 мм²/хв. Встановлено критерій вибору режимів ЕН для різних електродів. Встановлено,

що електроди з міді дозволяють одержати шар необхідної товщини та щільності для відновлення зношених з'єднань «золотник-корпус».

5. За результатами експлуатаційних випробувань середній ресурс гідророзподільників з відновленими ЕІН отворами корпусів склав 6470 мото-год. (нижня довірча межа 6240 мото-год., верхня - 6985 мото-год.), що на 67 % вище ресурсу серійних складальних одиниць.

6. Вперше розроблено технологічний процес відновлення відверстий у чавунних корпусах гідророзподільника Р-75 (80) шару металопокриття. Економічний ефект від впровадження становив 19935 рублів на програму ремонту 300 гідророзподільників на рік.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березненко, Н.П. Сертифікація систем якості та продукції в легкій промисловості: монографія / М. П. Березненко, Н. Г. Савчук, С. М. Березненко, В. І. Ліщук, Н. М. Сологуб. – К.: Логос, 1996. – 232 с.
2. Бичківський, Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: Підручник / Роман Бичківський, Петро Столярчук, Павло Гамула; За ред. Романа Бичківського; Мін-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львівська політехніка». - 2-е вид., випр. і доп. – Львів; К. : Вид-во Національного ун-ту «Львівська політехніка», 2004. – 559 с.
3. Білоконський Ю. В., Бовкун Я. В., Харьковський І. С. Технологічні особливості відновлення деталей гідравлічних систем. Збірник наукових праць / Вісник студентів факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вип. 10 К., 2022. С. 58 – 59.
4. Іуков Я. С., Молодик М. В., Моргун А. М. Концепція розвитку технічного сервісу в АПК України. Глевах: ННЦ «ІМЕСТ», 2004. 59 с.
5. 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.
6. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. [За редакцією В.А. Дідур]. Херсон: ОЛДПЛЮС, 2015. 624 с..
7. Дідур В.А., Савченко О.Д., Журавель Д.П., Підручник «Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі». [За редакцією В.А. Дідур]. Київ: Аграрна освіта, 2008. 577 с.
8. Журавель Д.П. Методика розрахунку енергоємності матеріалів деталей трибоспряджень. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук. практ. Інтернет-конференції. Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р. С.605–610. 40 Журавель Д.П. Діагностуванні технічного стану енергетичних засобів шляхом контролю

якісних показників змащувальних олиव. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції, Мелітополь, 02-27 листопада 2020р. С.402-412

9. Журавель Д.П., Бондар А.М. Покращення та оцінка якісних показників відпрацьованих автотракторних олив для сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 15 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-6. 51.

10. Журавель Д.П., Бондар А.М. Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олив. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 19 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-10

11. Карабиньш С. С., Новицький А. В., Ружи́ло З. В. Організація сервісного виробництва. Навчальний посібник. К.: НУБІП України, 2017р. 220с.

12. Карабиньш С. С. Дефекти гідророзподільників та їхнє усунення. Пропозиція. 2017. №1. С. 60-62.

13. Козаченко О.В., Сорокін С.П. та ін. Проектування технологічних процесів технічного обслуговування машин. ХНТУСГ. Харків, 2005. 198 с.

14. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки. Харків.: Торнадо, 2000. 192с.

15. Новицький А. В. Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький, Україна. 2022. Вип. 6(37), ч. I. С. 134–143.

16. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv, Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.

17. Новицький А.В., Шербак О.О., Башук Р.В. Сучасні підходи до відновлення працездатності гідравлічних розподільників. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження Крамарова В.С. (1906-1987) 23-24 лют. 2023 р., м. Київ / МОН України, НУБіП України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. С. 125-127.

18. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Реалізація інженерно-психологічних вимог до сільськогосподарської техніки – резерв у підвищенні рівня її надійності. Обуховські читання: XIII Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 6 березня 2018 року: тези конференції. Київ. 2018. С. 44–45.

19. Новицький А. В., Ружи́ло З. В. Модель дослідження надійності системи «людина-машина-середовище (РОБ). Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2012. Вип. 170. Ч. 2. С. 361-368.

20. Новицький А. В., Соломка В. О., Соломка О. В. Моніторинг забезпечення сільськогосподарських підприємств технікою для кормо виробництва. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2014. Вип. 19. Ч. 1. С. 376–382.

21. Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. Ч. 3. С. 221–335.

22. Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. Ч. 3. С. 221–335.

23. Новицький А. В., Ружи́ло З. В., Котренко О. О. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних

процесів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 151–157.

24. Новицький А. В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10, No.3. P. 101–108.

25. Новицький А.В., Банний О.О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11, No 2. P. 115–124.

26. Новицький А. В. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів. Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 7–8 листопада 2019 року: тези конференції. Київ, 2019. С. 177–179.

27. Новицький А. В. Аналіз напрямів забезпечення надійності зарубіжної сільськогосподарської техніки. Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь. VI Всеукраїнська науково-практична конференція. м. Житомир, Україна, 9–10 квітня 2020 року) тези конференції ЖАТК. 2020. С. 118.

28. Новицький А. В., Котречко О. О. Формування надійності машин і обладнання. Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability. Міжнародна науково-практична конференція. м. Кропивницький, Україна, 15–17 квітня 2020 року: тези конференції. ЦНТУ, 2020 р. С. 83–84. (особистий внесок – Структуризація та опис інноваційних напрямів формування рівня надійності машин та обладнання).

29. Новицький А. В. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів. Експлуатаційна та сервісна інженерія: міжнародна науково-практична конференція. 15-16 жовтня 2020 року: тези конференції. Харків: ХНТУСГ. 2020. С. 27–28.

30. Новицький А. В. Формування методології забезпечення надійності

сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві. ІХ Всеукраїнська науково-технічна конференція, смт. Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 5-24 жовтня 2020 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2020. С. 117–120.

31. Ремонт машин і обладнання : підручник / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, Т. С. Скобло та ін.; за ред. проф. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. К.: Аграр Медіа Груп, 2014. 632 с.

32. Ремонт машин: навч. посібник / за ред. О.І. Сідашенка та А.Я. Поліського – К. : Урожай, 1994. – 400 с.

33. Ружило З.В., Новинський А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків, 2016, Вип. 2. С. 223 – 231.

34. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання. Підручник. За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. 665 С.

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ А

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|-----|----|------|----------------------|--|--------------|---|----|----------------------|------|------------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|--|--|--|--|
| Дубль | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взам. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Цех | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Розроб. | <i>Щербак О.О.</i> | | | | | К-ра НТ | Р160-3/1-222 | | | | | 10.1.02.00001-1Р | | | | | | | | |
| Перевірив | <i>Носицький А.В.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н контр | <i>Бистрий О.М.</i> | | | | | Отвори корпусу гідророзподільника | | | | | | | | | | | | | | |
| А | Цех | Діл | РМ | Смер | Код і назва операції | | | | | Позначення документа | | | | | | | | | | |
| Б | Код та назва приладів | | | | | СМ | Проф | Р | УТ | КР | КОИД | Ек | ОП | К _{сп} | T _{пл} | T _{ог} | | | | |
| К/м | Назва деталі, складальної одиниці або матеріалу | | | | | Назва код | | | | | ЕВ | ЕН | кг | Н вт | | | | | | |
| 01 | При використанні цього технологічного процесу допускається заміна в ньому обладнання та оснащення новими оснастками, що забезпечують | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | задані параметри обробки та вимрювання елементів (поверхонь) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 04 | 005 Мийна | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Б 05 | Мийна ванна | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 06 | 1. Визначити з відновленої поверхні деталі (жук, бруїд та мастило ганчіркою у розчині (уайт-спірит, керосин, ацетон) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А 08 | 010 Дефектувальна | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т 09 | Контрольний стій ОРГ 1468-01-060А, затискачі стюсарів ГОСТ-5698-76, мікрометр ригельний 25-50 ГОСТ11098-75 з точністю 0,001 мм: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Індикаторний внутрішній 18-25ГОСТ 868-82 з точністю 0,001 мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 11 | 2. Дефектувати лішко технічним виміром на капітальній ремонт ТК 70-0001.017-81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 12 | 3. Показати деталь j - гідророзподільник g сполучення. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 13 | 4. Визначити найбільший діаметр отвору корпусу – розмір Dк ппз jg, мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 14 | 5. Визначити найменший діаметр отвору корпусу – розмір Dк ппз jg, мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| О 15 | 6. Визначити кільцевий діаметр поясків отвору корпусу і поясків золотника після введення штифів зносу, відповідно розмірів А і В, мм: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МК | Маршрутна карта | | | | | | | | | | | | | | | Аркуш 2 | | | | |