ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Дослідження процесу пластичного деформування деталей сільськогосподарської техніки»

Виконав: здобувач вищої освіти за освітньо-професійною програмою Технології і засоби механізації сільськогосподарського виробництва спеціальності 208 Агроінженерія ступеня вищої освіти *«магістр»* групи 5

Ніколенко Владислав Олексійович

Керівник: Прасолов Є. Я.

Рецензент: Біловод О. І.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Рівень технічного стану техніки характеризується її здатністю виконувати в процесі експлуатації задані функції і оцінюється зіставленням фактичних значень параметрів із заданими технічними умовами. Використання нових технологічних процесів при виготовленні і відновленні деталей сприяє підвищенню надійності сільськогосподарських машин і агрегатів. Недостатня їх надійність викликає значне зростання витрат на відновлення і експлуатацію [1].

Необхідність досліджень в даному напрямку обумовлюється економічними витратами. Наприклад, більше 90% деталей при експлуатації машин мають знос 0,1...0,3 мм по діаметру і після відновлення 65...75% їх загальної кількості можуть бути повторно використані [2].

Однією з особливостей сільськогосподарських машин є застосування в їх конструкціях досить великої кількості деталей з кольорових металів і сплавів, так як вони мають високі антифрикційні властивості, корозійну стійкість, витримують значні питомі навантаження і високі швидкісні режими. Найчастіше це бронзові підшипники ковзання типу «втулка». Наприклад, в тракторах серії Т-150 використовується більше 30 бронзових втулок, які встановлюються в різних вузлах, таких як: рама, трансмісія, двигун і т.д.

У зв'язку з цим, відновлення зазначених деталей є одним з основних шляхів зниження грошових витрат і витрат матеріальних ресурсів [3, 4].

Актуальність теми обумовлена необхідністю розробки і застосування ефективної технології підвищення надійності бронзових деталей сільськогосподарської техніки шляхом використання зміцнюючих обробок їх робочих поверхонь. До числа ефективних методів підвищення надійності може бути віднесена технологія відновлення і зміцнення поверхні деталей з використанням вібраційних коливань.

У зв'язку з цим, дуже актуальними є дослідження з визначення оптимальних значень параметрів технологічного процесу вібраційної обробки бронзових деталей сільськогосподарської техніки при їх відновленні, що забезпечують необхідну надійність і довговічність.

Мета досліджень полягає в підвищенні надійності бронзових деталей типу «втулка» шляхом їх відновлення.

Об'єкт дослідженb – технологічний процес відновлення і зміцнення бронзових деталей типу «втулка» сільськогосподарської техніки.

Предмет дослідження - розробка технології відновлення і підвищення надійності бронзових деталей сільськогосподарських машин.

Методи дослідження. Методологічною основою проведених досліджень є оцінка працездатності сільськогосподарської техніки з вибором методу і параметрів технологічного процесу для збільшення ресурсу деталей при їх відновленні.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих способів відновлення бронзових деталей і обґрунтувати доцільність методу вібраційного деформування;

- вивчити вплив параметрів обробки та робочого інструменту при звичайному і вібраційному деформуванні;

- провести оцінку зносостійкості та економічної ефективності відновлення бронзових деталей за розробленою технологією.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Класифікація видів зношування деталей сільськогосподарських машин

Деталі сільськогосподарської техніки та інших технологічних машин в процесі експлуатації піддаються різним видам зношування, що викликають виникнення несправностей природного та аварійного характеру. Найбільш характерним видом ушкоджень є знос, що виникає при терті поверхонь деталей.

Зношування деталей машин відбувається, як правило, під впливом зовнішніх чинників: характеру навантаження, виду мастила і способу його підведення, форми, розмірів деталей, швидкості відносного переміщення тертьових тіл і ін. Зазначені фактори викликають зміни вихідних фізико-механічних властивостей матеріалу контактних деталей і зношування тертьових поверхонь (ДСТУ 2823-94) [5].

Сила і коефіцієнт тертя можуть змінюватися в широкому діапазоні в залежності від виду і характеру навантаження, швидкості відносного переміщення деталей, виду і умов змащення, шорсткості поверхонь, що труться.

При контакті і відносному їх переміщенні в поверхневих шарах матеріалу деталей виникають механічні та молекулярні взаємодії, що призводять до руйнування мікрооб'ємів поверхонь, тобто до їх зносу. Інтенсивність зношування залежить від умов взаємодії тертьових пар [5].

За І.В. Крагельським в процесі тертя і зношування спостерігається три етапи: утворення фрикційних зв'язків - взаємодія поверхонь; існування фрикційного зв'язку, обумовлене змінами, що відбуваються на дотичних поверхнях в процесі тертя в результаті деформацій; порушення фрикційних зв'язків і руйнування поверхні [6].

Відповідно до міжнародних стандартів ISO 4378/3 граничному мащенню не властиві об'ємні властивості мастильного матеріалу, і вона визначається властивостями граничних шарів, що виникають при взаємодії матеріалу поверхні тертя і мастильного матеріалу в результаті фізичної адсорбції або хімічної реакції [7].

Поверхні тертя бронзових втулок шатунів, опорних шийок розподільних валів і інших деталей двигунів внутрішнього згоряння періодично працюють в умовах режиму граничного змащення. У цьому випадку надійність вузлів тертя визначається здатністю граничних мастильних шарів розділяти поверхні тертя, запобігаючи підвищений знос.

Залежно від умов тертя і матеріалів пар тертя має місце той чи інший вид порушення фрикційних зв'язків і зношування.

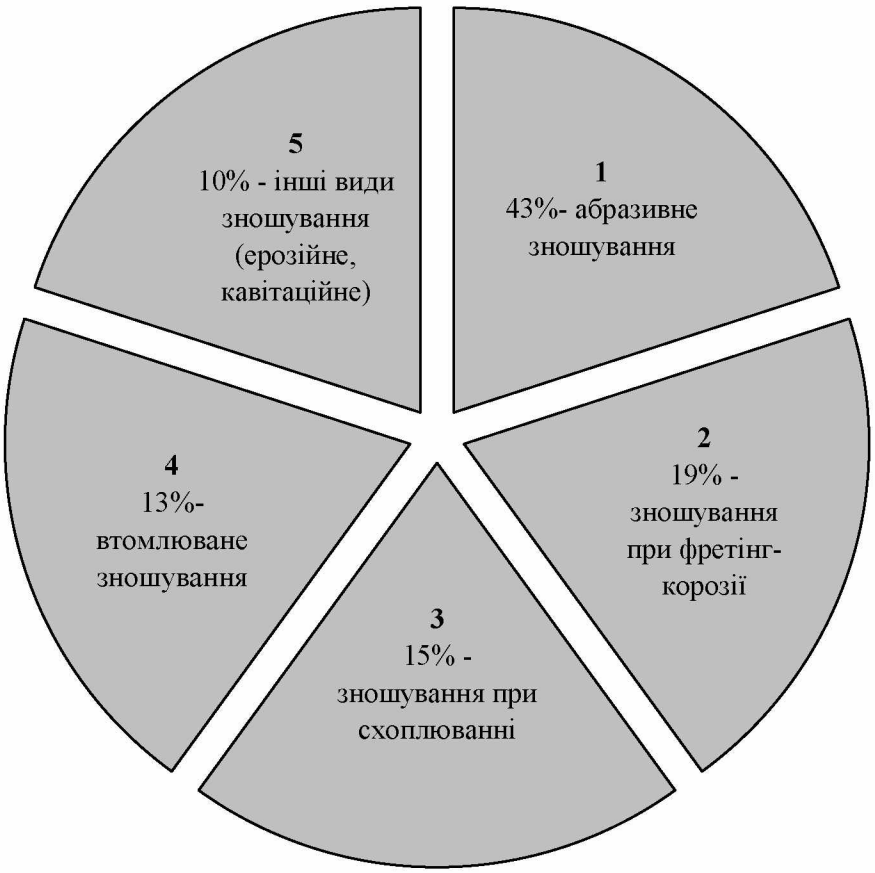
Найбільш поширеними видами зносу є абразивний, адгезійний, втомлюваний, кавітаційний, корозійний і ерозійний.

Як видно з діаграми (рис. 1.1), більшість деталей виходить з ладу в результаті абразивного, гідро- і газоабразивного зношування. Їх характер може значно змінюватися в залежності від фізико-механічних властивостей матеріалу і абразиву, тиску в зоні контакту, швидкості деформування поверхневого шару, температури нагріву матеріалу і агресивності середовища.

Металеві поверхні в процесі пластичного деформування зазвичай зміцнюються. Сила і напруга тертя залежать від міцності властивостей тіла і закономірностей зміни їх в процесі деформації. Закономірності зміни властивостей міцності приконтакних шарів залежать від ступеня і швидкості деформації. Як правило, міцність поверхневих шарів більше міцності шарів в обсязі тіла в результаті додаткових деформацій зсуву, зрізу нерівностей, яким піддається деталь при обробці [8].

На величину зношування в залежності від параметрів режиму тертя впливає тривалість контакту окремих ділянок. При переміщенні деталейя внаслідок тертя з відносно малими швидкостями ковзання виникають

механічні релаксаційні коливання. Коливальна зміна сили тертя в залежності від тривалості кожного руху може мати близьку до синусоїдальної форму [9].



1 - абразивне, газо-абразивне (43%);

2 - зношування при фретінг-корозії (19%);

3 - зношування при схоплюванні (15%);

4 - втомлюване зношування (13%);

5 - інші види зношування: ерозійне, кавітаційне (10%).

Рисунок 1.1 - Діаграма розподілу різних видів зношування деталей сільськогосподарських машин:

Зношування поверхонь, що труться в умовах тертя ковзання відбувається внаслідок пластичного деформування окремих нерівностей, видалення з контактуючих поверхонь зруйнованих адсорбованих і окисних плівок, руйнування металу на окремих найбільш зближених ділянках контакту при одночасному протіканні окислювальних процесів на поверхні тертя. Підвищення тиску або температури тертя до значень, при яких в

найбільш зближених ділянках контакту метал поверхневого шару пластично деформується, призводить спочатку до утворення надривів, а потім до виривання частинок металу і переносу їх на більш міцну поверхню іншого тіла [10].

1.2. Аналіз типових деталі з бронз і їх знос

Найбільш характерними деталями з бронз двигунів ЯМЗ, ЗМЗ, СМД, КамАЗ є товстостінні і тонкостінні втулки опор розподільних валів і верхніх головок шатунів.

Матеріалом цих деталей є сплав олов'яно-цинко-свинцеві бронзи марки БрОЦС 5-5-5. У двигунах ЯМЗ бронзові сплави застосовуються також у втулках масляного насоса і його приводу, картера зчеплення, коромисел і штовхачів клапанів, муфти регулятора швидкості паливного насоса.

Застосовувані марки бронз і їх механічні та теплофізичні характеристики наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Марки бронз і їх теплофізичні і механічні характеристики [11]

Марка	$T_{пл}$, °С	ρ, кг/м^3	E, МПа	$\alpha \cdot 10^6$, °С$^{-1}$	σ_T, МПа	HB, МПа
1. БрОЦС 5-5-5	1000	8800	92600	19,1	176	590
2. БрОЦСН 3-7-5	1022	8700	83300	17,6	176	590
3. БрОФ 10	943	8700	100900	17,3	135	785-980
4. БрОЦ 10-2	1015	8500	98000	17,3	175	685
5. БрАЖ 9-4	1040	7500	110700	16,2	195	1200-1370
6. БрАМц 9-2	1060	7600	90200	17,0	195	880-1180
7. БрКМц 3-1	970	8400	112700	18,0	100	930

Примітка: Тпл - температура плавлення; ρ - щільність; Е - модуль пружності; α - відносне подовження; σТ - межа плинності; НВ - твердість.

Розподільчий вал двигунів ЯМЗ виготовлений із Сталі 45, а шатун із Сталі 40Х. У двигунів ЯМЗ-236 розподільний вал встановлюється на чотирьох опорних втулках, у ЯМЗ-238 - на п'яти і ЯМЗ-240 - на семи.

Втулки запресовуються в блок циліндрів з натягом. Після остаточної механічної обробки відхилення від співвісності осей втулок не повинно перевищувати 0,050 мм, а відхилення від овалоподібності і конусоподібності - не більше 0,03 мм [12].

Втулки розподільних валів відносяться до малонавантажених підшипників ковзання, а втулки верхніх головок шатунів є найбільш навантаженими деталями двигуна.

В умовах усталеного режиму тертя ковзання ці втулки працюють в умовах гідродинамічної змазки, тобто між поверхнями, що труться утворюється стійкий шар мастила, що запобігає тертю поверхонь одна об одну. На практиці досягти постійного рідинного тертя не представляється можливим. Це можна пояснити тим, що при запуску холодного двигуна, при розгонах і гальмуванні, а також при роботі на знижених холостих обертах має місце граничний режим мастила, коли гідравлічний її шар вичавлюється із зони сполучення. При цьому зношування елементів пари тертя носить втомний характер.

Характер зношування пари тертя залежить від великої кількості факторів: кліматичних і дорожніх умов, інтенсивності експлуатації, якості технічного обслуговування і багатьох інших.

Типовими дефектами і зносу втулок розподільних валів є:

а) деформації;

б) тріщини;

в) порушення характеру посадки (натягу) втулок в блоці;

г) лінійні знос по внутрішньої і зовнішньої поверхонь, які призводять до виникнення конусоподібні і овалоподібності.

Перші два дефекту спостерігаються досить рідко і є вибраковочними характеристиками.

1.3. Методи підвищення зносостійкості бронзових втулок

Найпоширенішим способом при відновленні агрегату або вузла, в якому вийшла з ладу бронзова втулка, є її заміна новою, що виготовлена з заготовки аналогічної марки бронзи. Однак висока вартість виготовлення нової втулки робить цей спосіб неекономічним.

Найбільш прийнятним методом відновлення бронзових втулок є метод пластичної деформації в холодному або гарячому стані [13, 14].

Основним видом пластичної деформації є осадка і обтиснення. Осадка застосовується для зменшення внутрішнього діаметру і збільшення зовнішнього діаметра втулки за рахунок зменшення її довжини.

Для сполучень, що сприймають великі питомі навантаження, зменшення довжини втулки допускається не більше ніж 5...8%, а для менш навантажених втулок - на 10...15% від номінальної довжини.

Зі зменшенням довжини втулки при осадці за рахунок зменшення площі її поверхні різко збільшується тиск вала на втулку, що викликає підвищений її знос і скорочення ресурсу. Тому таким способом рекомендується відновлювати бронзові втулки з внутрішнім діаметром до 60 мм і величиною зносу до 0,2 мм.

Спосіб детонаційного напилення застосовується деякими іноземними фірмами для нанесення зносостійких покриттів на поверхні деталей [15]. До недоліків цього методу слід віднести сильний безперервний шум при стрільбі з гармати і низьку продуктивність (покриття товщиною 0,5 мм наноситься зі швидкістю 0,1 ... 0,2 м / с).

Проведено ряд досліджень [16] в області відновлення і зміцнення деталей машин методом дифузійної металізації, до числа яких належить дифузійне хромування. Цей метод - різновид хіміко-термічної обробки, що полягає в насиченні поверхневих шарів деталей хромом в чистому вигляді

або його сполуками (карбіди, бориди, нітриди і ін.). Цим методом можна відновлювати деталі із зносом 70 ... 90 мкм.

Незважаючи на простоту і порівняльну дешевизну відновлення деталей даним методом, він може бути використовуватися в ремонтному виробництві стосовно відновлення деталей типу «вал», так як не забезпечує необхідний приріст геометричних розмірів.

У літературі описаний спосіб відцентрової заливки [17], що полягає в нанесенні розплавленої бронзи на відновлювану поверхню втулки в процесі її обертання із заданою окружною швидкістю. Даний технологічний процес, що дозволяє нарощувати зношену поверхню бронзової втулки на 1 ... 2 мм, має ряд істотних недоліків, які значно впливають на ефективність застосування даного процесу. До цих недоліків відносяться:

- під дією відцентрових сил в розплавленої шихті виникають гідродинамічні процеси, які викликають нерівномірність розподілу компонентів рідкої бронзи, що призводить до значної ліквації нарощеного шару;

- велика трудомісткість в підготовці і приготуванні шихти, шихтових кілець;

- можливість відновлення тільки внутрішнього діаметра втулки;

- великі витрати часу при відновленні однієї втулки;

- застосування електродів різко знижує екологічну чистоту процесу.

Останнім часом в ремонтному виробництві для відновлення циліндричних деталей в окремих випадках застосовують плазмове напилення [18]. Сутність даного технологічного напилення полягає в нагріванні і розпиленні напилюваного матеріалу стислою дугою (плазмовим струменем) і подальшому осадженні частинок на основному металі без його розпилення. Покриття можуть бути отримані на будь-яких матеріалах практично без зміни властивостей поверхні, так як поверхню виробу зазвичай нагрівається до температури не більше 300 ° С.

Даний метод відновлення поряд з низкою переваг не позбавлений деяких недоліків:

- поряд з високою твердістю і зносостійкістю у наплавленого металу висока крихкість;

- необхідність в складному технологічному обладнанні та висококваліфікованому персоналі;

- погана робота в умовах знакозмінних і ударно-абразивних навантажень;

- невисока продуктивність процесу;

- висока вартість матеріалів (аргону і порошкових сплавів).

В окремих випадках застосовують електроконтактні приварення порошкових матеріалів (ЕКПП), засновану на вільній засипці присадочного матеріалу, тобто подачі порошків в зону приварки самопливом [19].

Недоліком цього способу є відсутність можливості регулювання товщини отриманого покриття. Залежно від величини зносу деталі товщина покриття може відрізнятися в десятки і більше разів.

Всі перераховані методи не знайшли поки широкого застосування в ремонтному виробництві.

1.4. Відновлення зношених бронзових деталей типу «втулок» методом зміцнення

Все більш широке застосування в промисловості високоміцних матеріалів - нержавіючих, жароміцних сталей і сплавів, а також інтенсифікація процесів металообробки висунули на перший план використання вібрації при обробці металів тиском [19].

Вібраційна технологія істотно відрізняється від традиційних методів обробки. Нетрадиційний підхід дозволяє створювати нові методи обробки і технологічні процеси, що сприяють розробці екологічно чистих

ресурсозберігаючих технологій, що характеризуються більш високою інтенсивністю і продуктивністю, оригінальними якісними показниками [19].

Вібраційні технології характеризуються коливальними гармонійними рухами оброблюваної деталі або обробного інструменту. Такі коливання частотою 15...100 Гц і з малими амплітудами в техніці називають низькочастотними коливаннями або вібраціями [15].

Вібраційні технологічні процеси за останній час знайшли досить широке застосування в різних галузях народного господарства. Вібраційна обробка сприяє інтенсифікації цілого ряду процесів, підвищує рівень механізації і автоматизації і є новим і прогресивним напрямком, можливості і область застосування якого виявлено далеко не повністю [6].

Широкі технологічні можливості цього методу в поєднанні з високою продуктивністю на зміцнюючих операціях ставлять його в число найбільш актуальних і перспективних способів обробки [10].

Інтенсивність вібраційної обробки залежить від наступних основних чинників: фізико-механічних властивостей матеріалу оброблюваних деталей, їх розмірів, режимів обробки і ін. Основними параметрами вібраційного технологічного процесу є: збуруюча сила, амплітуда, частота і швидкість обробного інструменту, час обробки та ін.

Динамічний характер вібраційно-технологічного процесу характеризується безліччю мікроударів обробного інструменту або частинок робочого середовища по оброблюваної поверхні деталей і забезпечує пластичне деформування поверхневого шару. Наслідком цього є утворення стискаючих залишкових напруг, підвищення мікротвердості, зменшення шорсткості матеріалу оброблюваної поверхні.

Вібраційні технології є універсальним методом зміцнення, що сприяє підвищенню пластичності оброблюваного матеріалу, на яку впливає як схема головних напружень, так і абсолютна їх величина, яка характеризує середнім тиском. Пластичність підвищується зі збільшенням абсолютної величини

середнього тиску стиснення. Це пояснюється тим, що при високому тиску матеріал ущільнюється [18].

Поява пластичності матеріалу оброблюваної деталі відбувається при досягненні дотичного напруження певної величини, що відповідає максимальному значенню при виході ліній ковзання на вільну поверхню рівним 45°, що забезпечується тільки при вібраційному характері навантаження в момент відриву (або ослаблення) обробного інструменту від оброблюваної поверхні деталі [18].

При вібраційній обробці відбувається дроблення зерен оброблюваного матеріалу в результаті дії коливального навантаження і збільшення їх числа. Площині ковзання цих зерен розташовані під кутом 45° до напрямку навантаження, що сприяє створенню умов для протікання пластичної деформації ковзання, оскільки дотичні напруження досягають максимального значення [18].

Зносостійкість матеріалу деталей, підданих вібраційному зміцнення, в значній мірі визначається глибиною зміцненого шару. У літературі, як відзначають автори [20], відсутні конкретні рекомендації щодо визначення її значень.

Узагальнюючи відомі публікації, переваги вібраційного деформування зводяться до наступного:

1. При цьому методі істотно змінюються умови контактного тертя між поверхнями оброблюваної деталі і обробного інструменту.

2. Змінюється характер зміцнення оброблюваного матеріалу внаслідок загальмування частини дислокацій.

До теперішнього часу механізм вібраційного впливу в різних технологічних процесах обробки металів і сплавів тиском ще недостатньо вивчений. Наявні окремі дослідження свідчать про необхідність подальшого вивчення процесу вібраційного деформування і його використання в розглянутих видах обробки.

Проведення всебічних досліджень з вібраційного деформування деталей з різних матеріалів з метою застосування отриманих даних при розробці технології відновлення зношених деталей машин представляє теоретичний і практичний інтерес.

Висновки, мета і завдання досліджень

Вивчення літературних джерел і аналіз даних дозволяють зробити наступні висновки:

1. Діючий машинобудуванні метод вібраційної обробки є найбільш актуальним і перспективним при зміцненні деталей машин. Однак, широке його застосування обмежене внаслідок недостатньої вивченості.

2. Внаслідок відсутності достатніх досліджень метод вібраційної обробки не отримав поки широкого застосування в сільськогосподарському ремонтному виробництві при відновленні зношених деталей машин.

Виходячи з аналізу літературних джерел, а також вивчення практики відновлення окремих автотракторних деталей перед справжнім дослідженням поставлена мета: підвищення надійності бронзових деталей типу «втулка» шляхом їх відновлення методом вібраційного зміцнення.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- провести аналіз існуючих методів відновлення бронзових деталей і обґрунтувати доцільність методу вібраційного деформування;

- вивчити вплив параметрів обробки та робочого інструменту при звичайному і вібраційному деформуванні;

- провести оцінку зносостійкості та економічної ефективності відновлення бронзових деталей за розробленою технологією.

2. МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика лабораторних досліджень

Основні напрямки досліджень по визначенню зносу деталей. В результаті проведених досліджень по підвищенню надійності сільськогосподарської техніки були виявлені основні напрямки досліджень:

- розробка і впровадження технології відновлення бронзових підшипників ковзання двигуна ЯМЗ;

- підвищення їх довговічності шляхом зміцнення вібраційних деформуванням.

Вимірювання по внутрішній поверхні опорних втулок розподільних валів та інших бронзових деталей проводили в чотирьох площинах, розташованих під кутом 45 ° один до одного і в двох перетинах, а по зовнішній - в двох площинах і в двох перетинах (рис. 2.1). В якості засобів вимірювання використовували індикаторну скобу СІ-К з точністю відліку 1 мкм і індикаторний нутромір НИ-50А з точністю відліку 1 мкм.

Для отримання результатів досліджень параметрів і характеристик матеріалів при звичайному і вібраційному деформуванні експерименти проводили на зразках-моделях і на натуральних зношених деталях.

Зразки виготовлені двох розмірних груп. Перша група: L = 38,5 мм; d = 68 мм; d0 = 54 мм. Друга група: L = 30 мм; d = 68 мм; d0 = 54 мм.

Досліджувані втулки з наклеєними тензометричними датчиками наведені на рис. 2.2. Обробку внутрішньої поверхні зразків-моделей проводили пуансоном, виготовленим з інструментальної сталі У7.

Пуансони (рис. 2.3) піддавали загартуванню в маслі до температури 780-800°С, відпуску при температурі 400-420°С, витримці протягом 15-20 хв і охолодженню. Твердість робочої частини пуансона склала 55-58 HRC, а хвостовика 40-45 HRC.

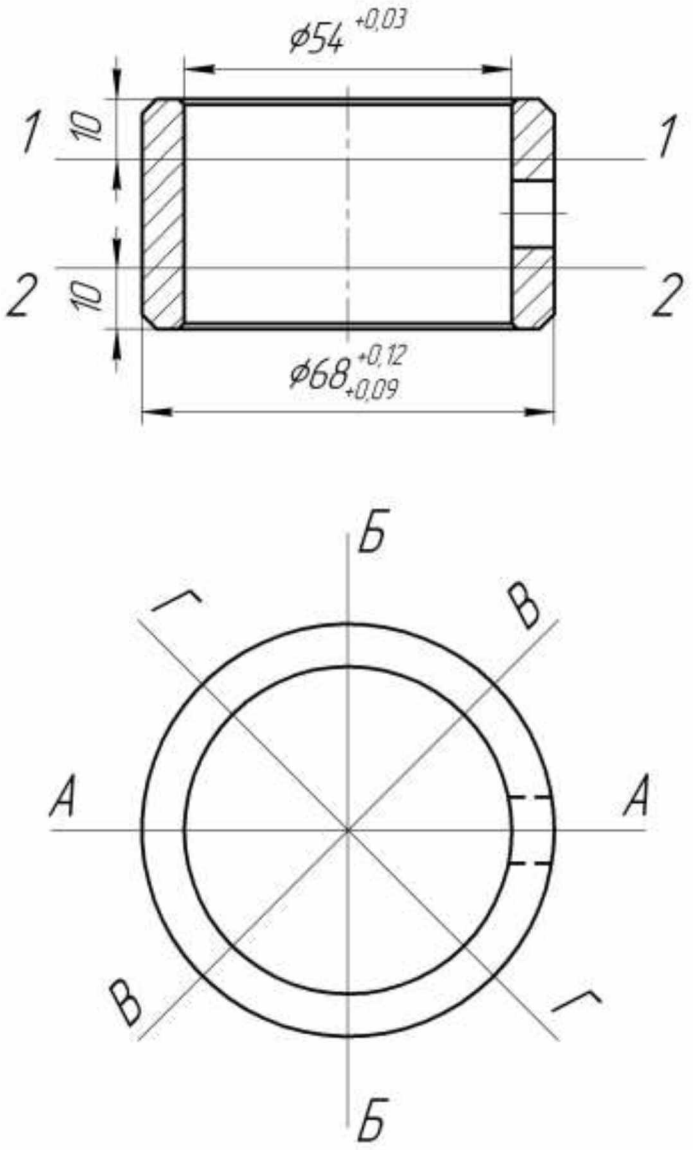


Рисунок 2.1 - Схема мікрометражу втулок по зовнішній і внутрішній поверхнях

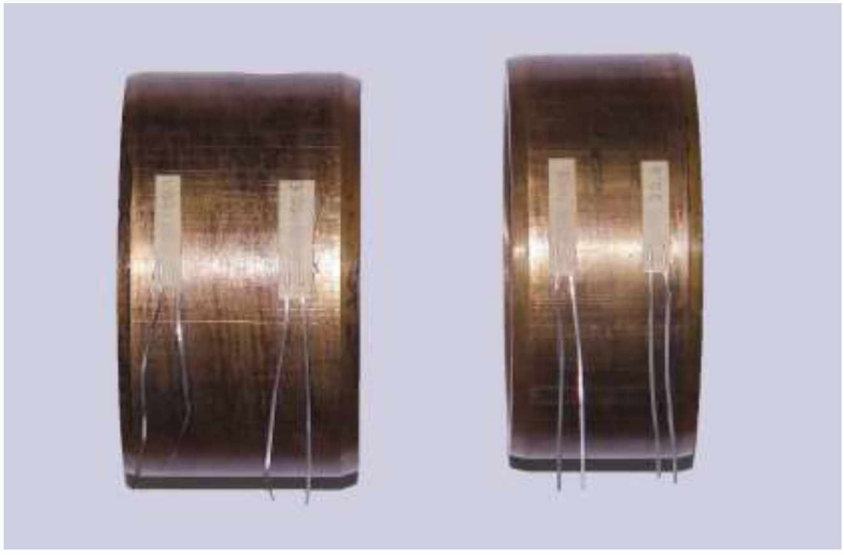


Рисунок 2.2 - Досліджувані зразки з тензодатчиками

Рисунок 2.3 - Загальний вигляд обробних пуансонів

Кут ухилу конуса робочої частини пуансона β дорівнював 8 °, 9 °, 10 °.

Деформування втулок проводили як при відсутності змащення, так і з мастилом. В якості мастила використовували солідол марки А; дизельне масло АК-10; моторне масло М-10Г2 + 1,5% ПАФ-4.

Виготовлення зразків проводили на одному і тому ж технологічному обладнанні.

Для проведення вимірів в одних і тих же перетинах на досліджувані зразки наносили позначки.

Експериментальні дослідження деформування зразків-втулок, а також відновлення зношених деталей методом вібраційного деформування проводили на спеціальній вібраційній установці.

На вібраційної установки здійснюється виконання технологічних операцій (роздача, обтиснення, зміцнення) з необхідними робочими параметрами: амплітуда і частота коливань обробного інструменту (пуансона), його швидкість руху, зусилля деформування.

Експериментальні дослідження попередньо проводили на зразках, а потім на зношених деталях для виявлення впливу виду обробки на характеристики міцності оброблюваного матеріалу. Дослідження забезпечили виключення впливу на технологічний процес роздачі таких експериментальних факторів, як неточність і якість обробки отвору під втулки, неоднакова величина і характер їх зносу. У той же час подальші дослідження, виконані при роздачі зношених бронзових втулок розподільних валів, дозволили уточнити і скорегувати значення основних параметрів технологічного процесу.

2.2. Методика досліджень на зносостійкість

Дослідження зношування поверхні відновлених деталей проводили на машині МІ-1М, схема якої показана на рис. 2.4.

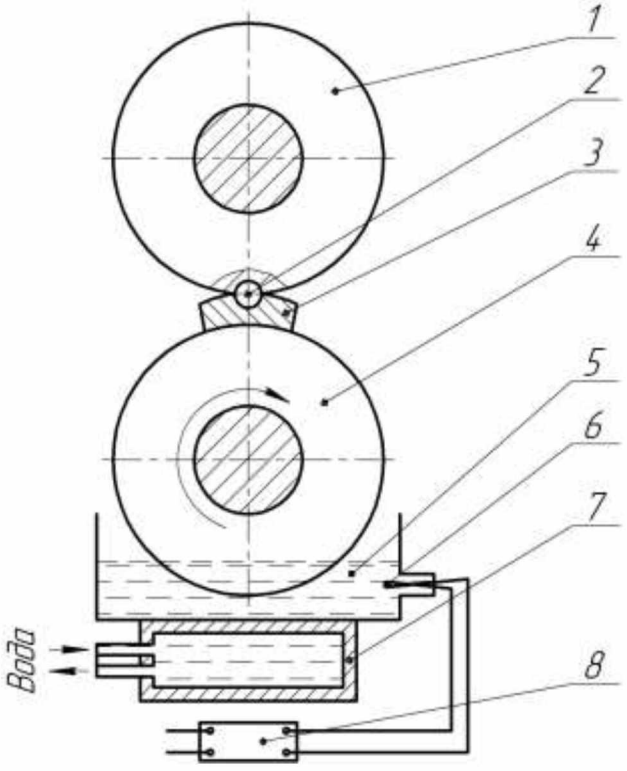


Рисунок 2.4 - Схема установки зразків при лабораторних випробуваннях: 1 - державка для закріплення зразків; 2 – центруюча кулька; 3 - колодочка; 4 - ролик; 5 - ємність з маслом; 6 - термопара; 7 - система

охолодження масла; 8 – потенціометр

Мікрометраж опорних шийок розподільного вала і внутрішнього діаметра втулок проводили в чотирьох площинах і двох перетинах (рис. 2.1).

Режими випробувань вибирали з умов роботи пари сполучення: частота обертання ролика становила 550 хв$^{-1}$, навантаження - 460 Н.

Загальний вигляд установки (машини тертя) представлений на рис. 2.5.

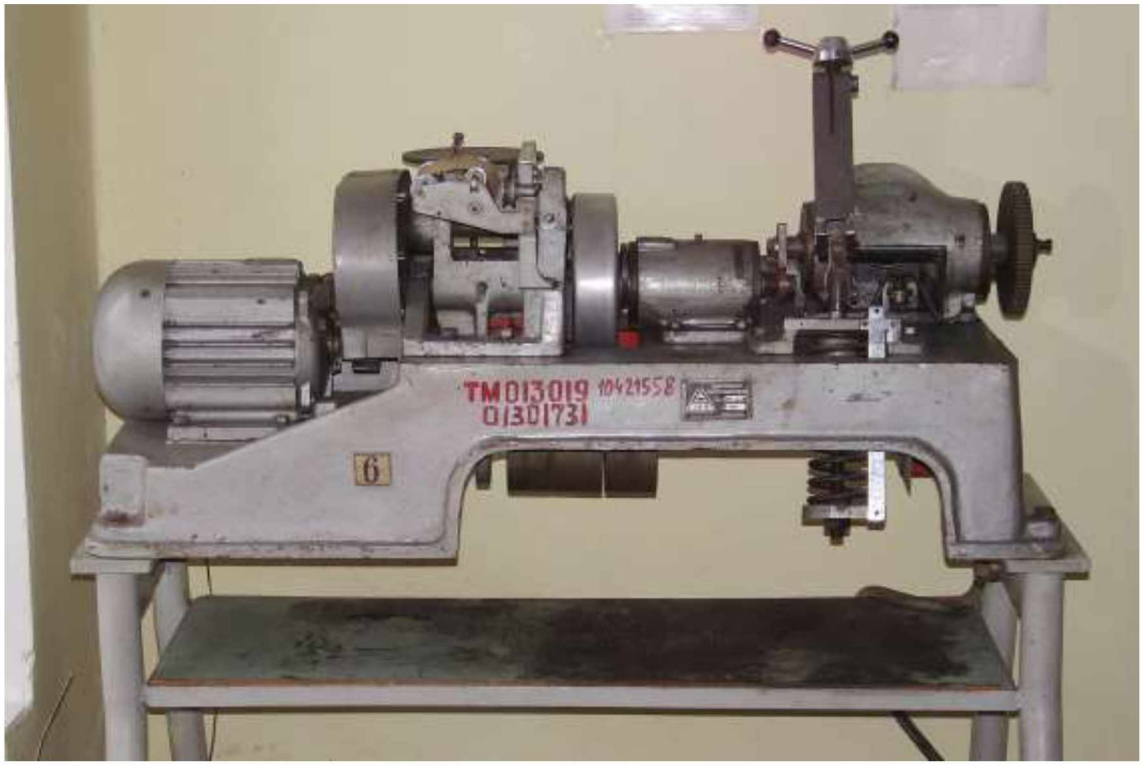


Рисунок 2.5 - Загальний вигляд машини тертя

Дослідження проводили на зразках при співвідношенні коефіцієнтів зносу матеріалу вала $к_1$ і $к_2$ менш одиниці, тобто коли вал виконаний з більш зносостійкого матеріалу (загартована сталь), ніж підшипник (бронза). У цьому випадку центральний кут 2α буде близький до 180°. Тобто вал охоплюється підшипником майже повністю, так як знос підшипника випереджає знос вала [21].

На рис. 2.6 приведена схема зношування сполучення валик - втулка («ролик - колодочка»). Знос даного сполучення характеризується швидкістю зношування обертового ролика (вала) і швидкістю зношування колодочки

(втулки).

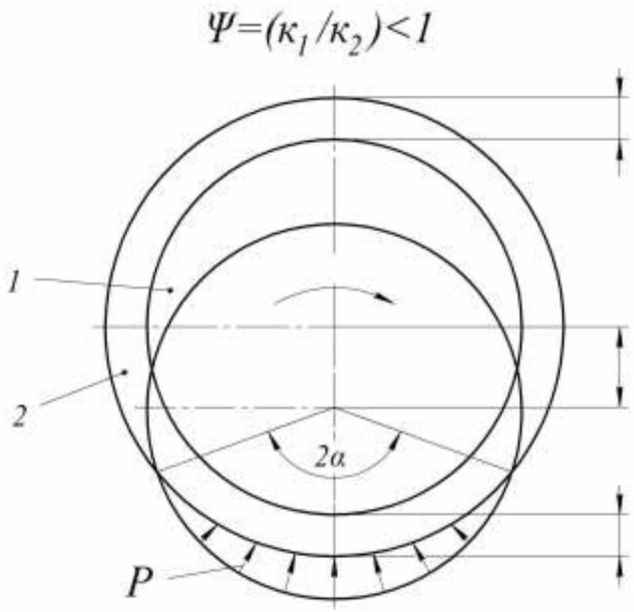


Рисунок 2.6 - Схема зносу втулки і валу, при Ψ <1: 1 - вал; 2 - втулка

Для будь-якої точки дотику поверхонь буде дотримуватися рівність:

$$W_{1-2} = \frac{W_1 + W_2}{\cos\alpha} \quad \text{або} \quad \gamma_{1-2} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\cos\alpha}. \tag{2.1}$$

Звідки:

$$\gamma_2 = \gamma_{1-2}\cos\alpha - \gamma_1. \tag{2.2}$$

Для закону зношування даного спряження:

$$\gamma_2 = \kappa_2 p\upsilon, \tag{2.3}$$

де υ - колова швидкість на поверхні тертя, що дорівнює:

$$\upsilon = 2\pi nr = const, \tag{2.4}$$

де n - частота обертання в одиницю часу ролика щодо колодочки;

r - радіус ролика.

Підставляючи значення отримуємо значення тиску:

$$p = \frac{\gamma_{1-2}\cos\alpha - \gamma_1}{\kappa_2 \upsilon}. \qquad (2.5)$$

Зразки «ролик - колодочка» перед випробуваннями обробляли так, щоб контурна поверхню їх взаємного прилягання при установці на машині тертя МІ-1М становила не менше 90% номінальної розрахункової поверхні контакту. Контроль прилягання здійснювали методом планометрування, що забезпечує похибку не більше 10% номінальної площі контакту [22].

Шлях тертя ролика (кількість його обертів) реєстрували за допомогою лічильника, встановленого на машині тертя МІ-1М.

Знос оцінювався втратою маси зразків в процесі випробування за допомогою аналітичних ваг ВЛА-200М з точністю 0,1 мг.

Висновки

1. З метою підвищення надійності та довговічності сільськогосподарської техніки необхідно проводити аналіз з встановленням причин передчасного виходу бронзових підшипників розподільних валів в процесі експлуатації. Для вирішення цього завдання слід застосовувати розроблену методику проведення порівняльних досліджень з оцінкою властивостей і зносостійкості зазначених деталей.

2. При виборі технологічного процесу відновлення бронзових підшипників розподільних валів двигунів сільськогосподарської техніки запропоновано обладнання і технологічні параметри обробки, ефективність яких повинна бути оцінена при лабораторних випробуваннях.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив вібраційних коливань на характер пластичного деформування

Пластична деформація з точки зору дислокаційної теорії є результатом переміщення під навантаженням дефектів кристалічної решітки.

Пластична деформація сприяє зміні не тільки форми, а також властивостей оброблюваних матеріалів [22]. Фізичний напрямок розвитку теорії обробки матеріалів тиском ґрунтується на математичній теорії пластичності і металознавства.

Пластичність залежить від цілого ряду чинників: структури і хімічний склад; температури і швидкості деформування; розміри деформованих зразків і механічна схема деформації, що представляє собою сукупність схеми головних напружень і схеми головних деформацій.

Встановлено, що напружений стан характеризується однією з дев'яти схем, а деформований - однієї з трьох. При роздачі пустотілого зразка через контактне тертя схема деформації складається з однієї деформації стиснення і двох деформацій розтягування, а схема напруженого стану - всебічне стиснення.

Основний механізм пластичної деформації є ковзання, тобто по зрушенню площин ковзання максимального дотичних напружень. В результаті досягнення нормальних напружень критичного значення відбувається руйнування оброблюваного матеріалу.

Виходячи з відмінності механізмів пластичної деформації і руйнування можна встановити, що максимальна пластичність має місце при схемі напруженого стану - всебічне стиснення, коли ймовірність відриву незначна.

При схемі всебічне розтягнення, внаслідок великої ймовірності відриву, пластичність найменша.

Пластичність залежить не тільки від схеми головних напружень, але і їх абсолютних величин, що характеризується середній тиск: зі збільшенням його величини підвищується пластичність. Це можна пояснити тим, що при високому середньому тиску відбувається ущільнення матеріалу. В результаті різних порушень цілісність ліквідується. При цьому ускладнюється міжкристалічна деформація і полегшується внутрікристалічна, що сприяє підвищенню пластичності.

Поява пластичної деформації відбувається при досягненні дотичного напруження певної величини, що досягає максимального значення при куті виходу ліній ковзання на вільну поверхню рівним 45, що має місце при вібраційному деформуванні в момент відриву обробного інструменту від оброблюваної поверхні.

Пластичність залежить як від характеру розташування ліній ковзання, так і від наявності місць з зв'язками, що обумовлені дислокацією, тобто недосконалості кристалічної решітки (наявність вакансії, домішки, блоки мозаїки). Завдяки цьому відбувається формування дислокаційної структури, що є результатом первинної деформації.

Для здійснення пластичної деформації потрібне певне зусилля, яке визначається наявністю дислокацій і можливістю їх переміщення [23].

При звичайній деформації відбувається естафетна передача ковзання від одного кристалу до іншого. Деформовані зерна впливають на сусідні кристали: спочатку деформуються ті зерна, кристалічна орієнтованість яких ближче до кута 45, а потім - зерна з менш сприятливою орієнтованими гратами, тобто відбувається поширення деформації по всьому об'єму тіла.

При вібраційному деформуванні, внаслідок дії циклічного навантаження, відбувається дроблення зерен і їх орієнтованість по відношенню напрямку зусилля обробки, тобто збільшується кількість зерен, площини ковзання яких розташовані під кутом 45 ° до напрямку

прикладеного зусилля. У них, в першу чергу, створюються умови, достатні для пластичної деформації ковзання, оскільки в цих площинах дотичні напруження досягають максимального значення. При цьому створюються умови для безперешкодного руху дислокацій і утворення нових. При контакті обробного інструменту (пуансона) з втулкою зростає величина деформації, збільшується кількість дефектів кристалічної будови. Це ускладнює рух дислокацій і призводить до зміцнення.

При дії вібраційного навантаження на оброблений матеріал відбувається підвищення активності дислокацій в зернах, що сприяє одночасному і більш рівномірному протіканню процесу ковзання у всіх кристалів і збільшення деформації.

3.2. Визначення конструктивно-режимних параметрів оброблювального інструмента

Суттєвий вплив напруженого стану матеріалу образів (втулки) надає форму оброблювалбного інструмента (пуансона). Теоретичні дослідження оптимальної геометричної форми оброблюючого інструменту дозволив зробити висновок, що найбільш раціональною є конусна форма з певними значеннями кута конусності і калібрувальним пояском. Оскільки робочий конус має прямолінійну форму, то його форма буде визначатися кутом при вершині конуса (2β) і довжини калібрувального пояска.

Зміна кута конусності впливає на напруження, що виникає в оброблюваному матеріалі зразка при його деформації (роздачі). З одного боку, збільшення кута β нахилу пуансона підвищує напругу роздача через зростання нерівномірності деформації, швидкість деформації і погіршення умов змащення. З іншого боку, збільшення кута нахилу зменшує поверхню контакту зразка з пуансоном і, тим самим, зменшує силу контактного тертя і напруги роздачі. Тому в залежності від оброблюваного матеріалу, виду та

режимів обробки є область оптимальних кутів ухилу (5...15°), при яких забезпечується мінімальні напруги при обробці матеріалів роздачі [24].

Розрахункові схеми роздачі втулки конічними пуансонами (рис. 3.1 а, б) ілюструють вплив кута нахилу на процес деформування.

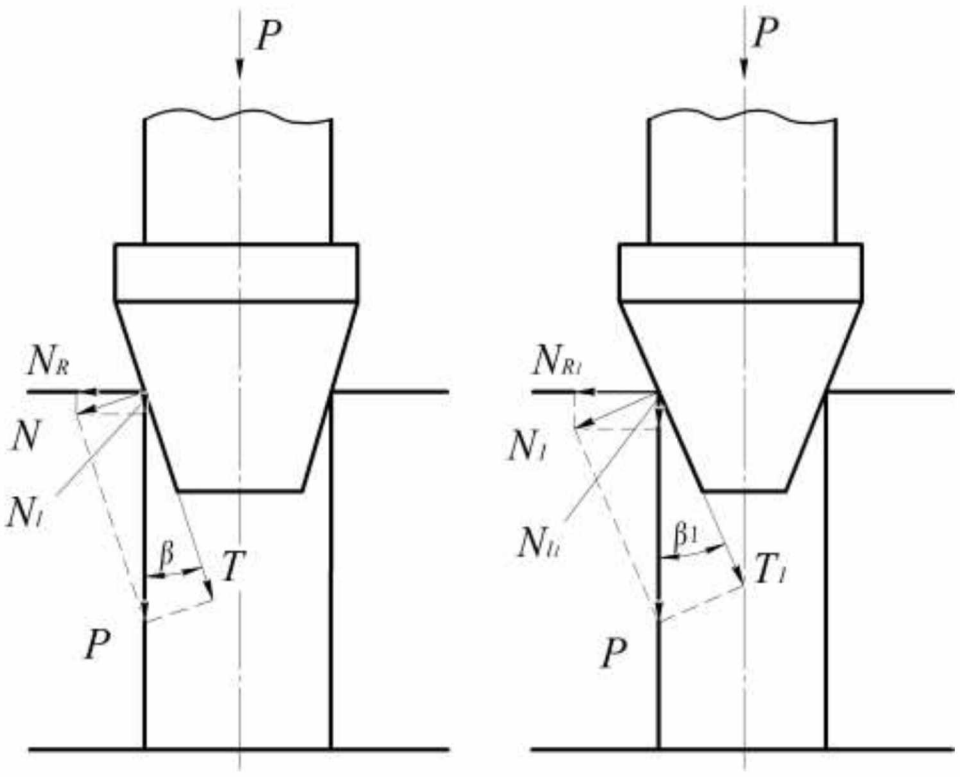


Рисунок 3.1 - Розрахункові схеми роздачі зразків з різними значеннями кута нахилу пуансона: а) β; б) β_1 (N_R, N_{R_1} - напруга на деформування втулок у радіальному напрямку; N_l, N_{l_1} - на переміщення металу по довжині втулок; T, T_1 - на подолання опору тертя);

Зусилля P, що діє на пуансон, розкладається на складову N, направлену перпендикулярно до твірної пуансона, і компонент T - по його твірній.

В свою чергу компонент N розкладається на силу N_R, направлену по радіусу втулок, і силу N_l, що діє в напрямку руху пуансона.

Зі схем (рис 3.1, а, б) видно, що при $\beta_1 > \beta$ і однаковому зусиллі обробки P має місце:

$$N_{R_1} > N_R;\ N_{l_1} > N_l. \tag{3.1}$$

При введенні кута нахилу β потрібна більша напруга N_{l_1}, що викликає більш інтенсивне переміщення матеріалу втулок у напрямку руху пуансона.

Величина переміщуваного на торці втулок металу може бути визначена теоретично за його формою (рис 3.2).

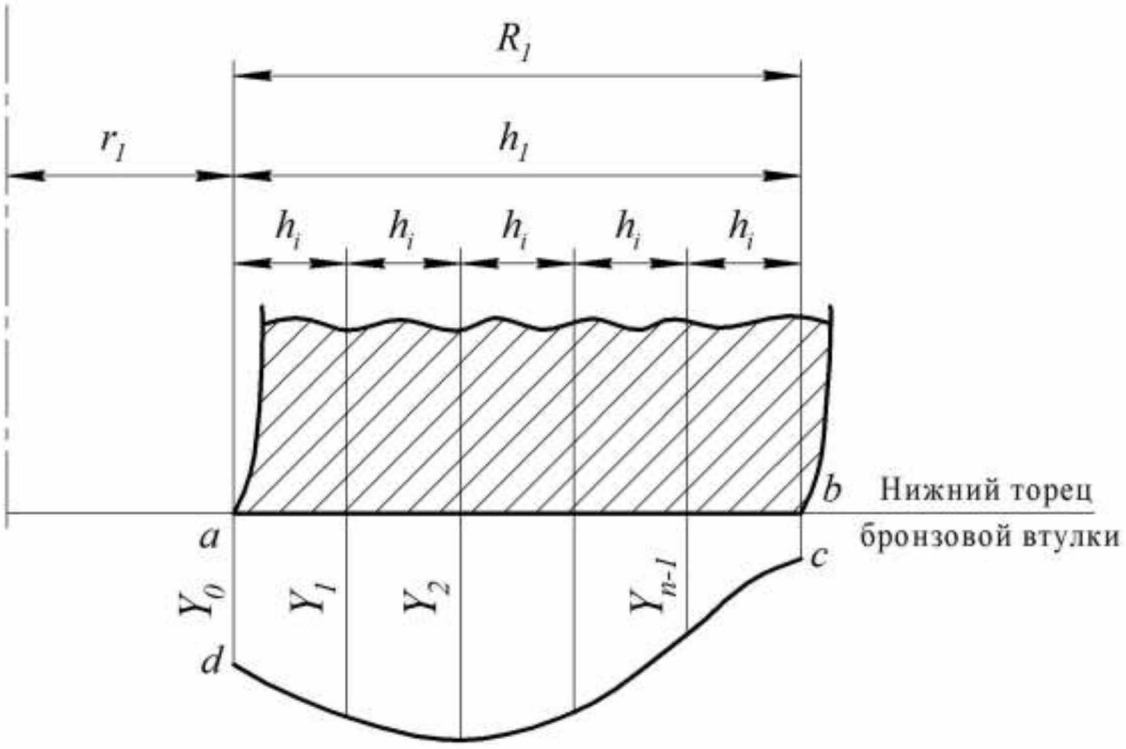


Рисунок 3.2 - Форма зміщеного на нижній торець втулки матеріалу

Значення відрізків Y визначаються розподілом товщини стінки втулки на певне число n рівних частин h_i.

Площа $abcd$ є перетином зміщеного металу на торець втулки в площині осі, яка визначалася наступною залежністю:

$$S_{abcd} = \frac{1}{3} h_i \left[Y_0 + Y_5 + 4\left(Y_1 + Y_3 + Y_4\right) + 2Y_2 \right]. \tag{3.2}$$

Товщина стінки втулки після обробки:

$$h_i = \frac{h_1}{n}. \tag{3.3}$$

Об’єм зміщеного матеріалу на торець втулки:

$$\begin{aligned} V_T &= 2\pi \frac{D'_H + d'_0}{2} \cdot \frac{h}{3}\left[Y_0 + Y_5 + 4\left(Y_1 + Y_3 + Y_4\right) + 2Y_2\right] = \\ &= \frac{\pi h}{3}\left(D'_H + d'_0\right)\left[Y_0 + Y_5 + 4\left(Y_1 + Y_3 + Y_4\right) + 2Y_2\right]. \end{aligned} \tag{3.4}$$

Маса зміщеного на торець втулки металу може бути визначена:

$$Q = \gamma \cdot V_T, \tag{3.5}$$

де γ - питома вага металу,

V_T - об'єм металу, що зміщується на нижній торець втулки.

Дослідження показали, що при припуску $П$ = 0,4 мм при звичайному деформуванню пуансоном з кутом ухилу $\beta = 9°$ маса зміщеного металу склала 0,85 г, а при вібраційному - 0,49 г.

Маса зміщеного металу на торець втулки, підрахована за формулою (3.5), склала відповідно 0,72 г та 0,38 г.

Як видно з наведених даних, маса зміщеного металу, підрахована обома способами, відрізняється незначно (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Зміна маси зміщеного на торець втулки металу при припуску $П$ = 0,4 мм, г

Звичайне деформування			Вібраційне деформування		
Кут нахилу пуансона			Кут нахилу пуансона		
8°	9°	10°	8°	9°	10°
0,74	0,72	0,77	0,41	0,38	0,43

Як видно з даних табл. 3.1, маса зміщеного матеріалу при куті нахилу пуансона $\beta = 9°$ має менше значення як в умовах звичайного, так і вібраційного деформування.

3.3. Дослідження конструктивних параметрів оброблюваного інструменту

З метою виявлення оптимально значення кута нахилу обробного інструменту (пуансона) в процесі звичайного і вібраційного деформування бронзових зразків-втулок експериментальні дослідження проводили з наступними кутами нахилу β: 8 °, 9 °, 10 °.

У теоретичній частині роботи показано вплив значення кута нахилу пуансона на процес деформування зразків.

Експериментально виявлено, що кількість зміщеного металу на торець втулки знаходиться в залежності від величини кута нахилу β, припуску на обробку та швидкості деформування. Зі збільшенням швидкості руху пуансона маса зміщеного металу на торець зразка-втулки зростає. Значення припуску на обробку знаходилося в межах 0,1...0,4 мм.

Масу зміщеного металу на торець зразків після деформування визначали шляхом зрізання і зважування на аналітичних вагах і порівнювали зі значеннями, підрахованими теоретично.

Дані величини зміщеного металу на торець зразків при різних значеннях кутів нахилу пуансона і швидкості деформування 0,03 м/с наведені в табл. 3.2.

Дослідженнями встановлено, що найменшу кількість зміщеного металу мало місце при куті нахилу пуансона $\beta = 9°$ (рис. 3.3). При вібраційному деформуванні інтенсивність зрушення металу на торець бронзової втулки довжиною $l = 38{,}5$ мм значно нижче в порівнянні зі звичайною роздачею. Так, при куті пуансона $\beta = 9°$ і припуску $П = 0{,}4$ мм при вібраційному

деформуванні маса зміщеного металу в 6,5 рази менше в порівнянні зі звичайною роздачею.

Таблиця 3.2 - Маси зміщеного металу на торець зразка

Кути нахилу пуансона β, град.	Значення припусків $П$, мм	Маса металу, що зсувається, г
Звичайне деформування		
8°	0,402	0,221
9°	0,398	0,182
10°	0,403	0,344
Вібраційне деформування		
8°	0,400	0,045
9°	0,402	0,028
10°	0,397	0,065

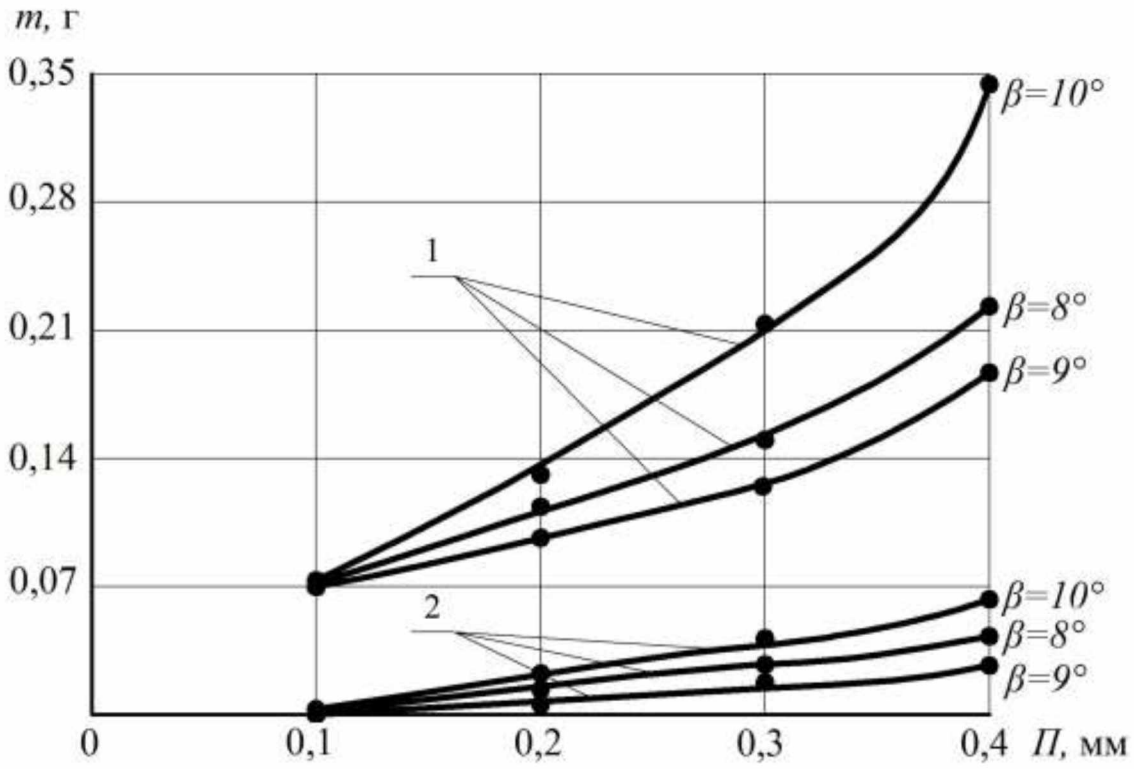


Рисунок 3.3 - Залежності зміни маси зміщеного на торець втулки металу при різних кутах нахилу пуансона: 1 - звичайне деформування; 2 - вібраційне деформування; (швидкість деформування $\upsilon = 0{,}03$ м/с)

При звичайному деформуванні залежності зміни кількості зміщеного металу на торець втулок носять нелінійний характер в межах припусків $П = 0,1...0,4$ мм, а при вібраційному - має практично прямолінійний характер.

Результатами наведених досліджень виявлено оптимальне значення кута нахилу пуансона $\beta = 9°$ як для звичайного, так і вібраційного деформування.

В процесі деформування зразків-втулок встановлено, що на робочу поверхню пуансона відбувається налипання металу в результаті схоплювання з деформованою поверхнею. Кількість налипає металу залежить від методу обробки, припуску на обробку, швидкості деформування, кута нахилу пуансона, числа деформованих зразків і їх матеріалу. Було виявлено, що при незмінній швидкості руху пуансона кількість налипаємого металу на його поверхню значно більше при збільшенні числа деформованих зразків, ніж при збільшенні припуску на обробку.

Значення величини налипаємого металу при звичайному і вібраційному деформуванні наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Маси налипаємого металу при $\boldsymbol{l = 38,5}$ мм и $\boldsymbol{v = 0,03}$ м/с

Припуски $П$, мм	Маса налипання, г		
	$\beta = 8°$	$\beta = 9°$	$\beta = 10°$
	Звичайне деформування		
0,1	0,005	0,003	0,007
0,2	0,017	0,011	0,031
0,3	0,039	0,023	0,069
0,4	0,068	0,040	0,109
	Вібраційне деформування		
0,1	-	-	0,0007
0,2	0,002	-	0,003
0,3	0,008	0,003	0,010
0,4	0,014	0,009	0,019

Дані таблиці показують, що зі збільшенням припуску на обробку кількість налипаємого матеріалу на поверхню пуансона зростає як при звичайному, так і вібраційному деформуванні. Однак інтенсивність збільшення кількості налипаємого металу при вібраційному деформуванні нижче в порівнянні зі звичайним деформуванням. Так, при куті пуансона $\beta = 9°$ і припуску $П = 0,4$ мм величина налипаємого металу на поверхню пуансона склала при звичайному деформації 0,040 г, а при вібраційному 0,009 г, тобто в 4,44 рази менше.

При припусках 0,1 мм і 0,2 мм в умовах вібраційного деформування налипання металу на поверхню пуансона практично не спостерігалося.

Для з'ясування ступеня впливу висоти калібруючого робочого інструмента на якість оброблюваної поверхні деталей пуансони виготовляли з висотою калібрую чого почска 3, 4, 5, 6 і 7 мм. Дослідження проводили на зразках довжиною 38,5 мм при припуску $П = 0,4$ мм в умовах звичайного і вібраційного деформування.

У табл. 3.4. наведені експериментальні дані зміни шорсткості оброблюваної поверхні зразків при різних значеннях висоти калібруючої поверхні пуансона.

Таблиця 3.4 - Зміни параметра оброблюваної поверхні зразка

Висота калібруючої частини h, мм	Значення параметру R_a, мкм	
	Вібраційне деформування	Звичайне деформування
3	2,2	3,8
4	0,8	2,6
5	0,9	2,9
6	1,5	3,6
7	1,7	6,2

Як видно з табличних даних, мінімальне значення шорсткості при звичайному і вібраційному деформуванні характерно для висоти калібрую чого пояска пуансона 4-5 мм.

На підставі отриманих експериментальних даних можна зробити висновоки:

1. Найменша кількість зміщеного на торець зразка матеріалу, так і налипаємого на поверхню обробного інструменту матеріалу в умовах звичайного і вібраційного деформування мало місце при куті нахилу пуансона 9°. Це можна пояснити тим, що при менших значеннях кута збільшується контактна поверхня пуансона з оброблюваною втулкою. Отже, зростає число точок контакту, що сприяє збільшенню налипання матеріалу.

Зі збільшенням кута нахилу пуансона відбувається зменшення контакту поверхні, що сприяє збільшенню питомого тиску і, отже, збільшенню налипаємого матеріалу.

2. При збільшенні припуску на обробку, внаслідок підвищення опору деформації, зростає кількість налипаємого матеріалу як в умовах звичайного, так і вібраційного деформування.

3. При вібраційному деформуванні інтенсивність налипання матеріалу на робочу поверхню пуансона нижче, ніж при звичайному, що можна пояснити послабленням його контакту з оброблюваною поверхнею.

4. Шорсткість обробленої поверхні залежить від висоти калібрую чого пояска пуансона. Мінімальне значення шорсткості спостерігалося при h = 4-5 мм.

3.4. Зносостійкість відновлених зразків за запропонованою технологією

Дослідження на зносостійкість зразків, виготовлених зі сталі 40 і бронзи БрОЦС 5-5-5, проводили на машині тертя МІ-1М за схемою «ролик -

колодочка», що імітують роботу з'єднання опорна втулка - шийка розподільного вала двигуна ЯМЗ-236. Величину зносу визначали у 12 пар зразків (6 пар зразків, виготовлених з нових деталей, 6 паро після вібраційного деформування).

Оцінку інтенсивності зносу деталей пари тертя проводили за середньою величиною втрати маси в результаті випробувань. Тривалість випробувань склала 2 год.

В результаті проведених досліджень встановлено, що середній знос роликів склав: виготовлених з нових деталей - 0,0673 г, після звичайного деформування - 0,0772 г, після вібраційного деформування - 0,0682 р. Середній знос колодочок склав відповідно 0,0904 г; 0,1106 г і 0,0920 г (табл. 3.5).

Залежності зміни зносу ролика і колодочки представлені діаграмами (рис. 3.4).

Таблиця 3.5 - Дані вагового зносу ролика і колодочки (тривалість випробувань 2 год.)

Номер пари тертя	Зразки з нових деталей		Номер пари тертя	Звичайне деформування	
	Знос колодочки, г	Знос ролика, г		Знос колодочки, г	Знос ролика, г
1	0,0904	0,0691	7	0,1140	0,0765
2	0,0920	0,0679	8	0,1111	0,0776
3	0,0908	0,0652	9	0,1065	0,0770
4	0,0913	0,0686	10	0,1113	0,0795
5	0,0905	0,0690	11	0,1085	0,0783
6	0,0903	0,0642	12	0,1121	0,0743
Середній знос	0,0904	0,0673	Середній знос	0,1106	0,0772

Проведені дослідження показали, що при вібраційному деформуванні знос колодочки в 1,2 і ролика в 1,13 рази менше, ніж при звичайній роздачі. Знос колодочки і ролика, виготовлених з нових деталей практично не відрізняється від зносу при вібраційному деформуванні. Зниження величини зносу свідчить про підвищеної зносостійкості деталей, відновлених методом вібраційного деформування в порівнянні з традиційно застосовуваним.

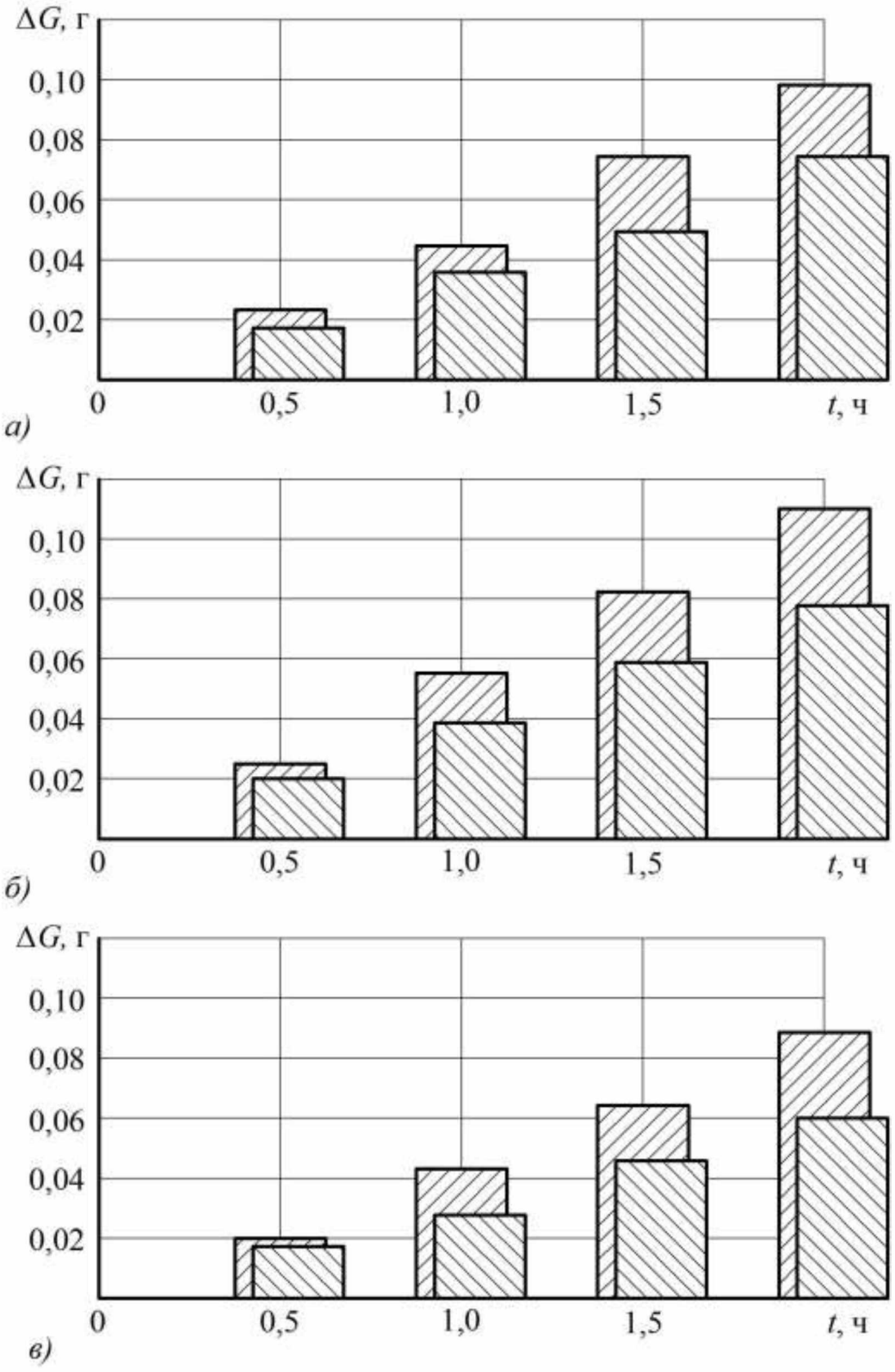


Рисунок 3.4 - Залежності зміни зносу ролика і колодочки

Висновки

1. При проведенні експериментів має місце налипання матеріалу втулки на поверхню пуансона, а також зрушення оброблюваного матеріалу втулок на її торець. Найменше значення зазначених величин має місце при куті нахилу пуансона 9°. Зменшення значення кута нахилу призводить до збільшення площі контакту пуансона з деформованим зразком, що сприяє збільшенню значень зазначених параметрів.

2. Шорсткість обробленої поверхні зразка-втулки залежить від висоти калібрую чого пояска пуансона. Мінімальне значення шорсткості при вібраційному деформуванні спостерігалося при h = 4-5 мм.

3. При вібраційному деформуванні створюються більш сприятливі умови для більш рівномірного розподілу деформацій за обсягом деформованого зразка.

4. Зносостійкість втулок, оброблених вібраційною деформацією, в 1,13 рази вище зносостійкості втулок, відновлених звичайним методом. Отриманий результат можна пояснити зміцненням поверхні втулки при вібраційному навантаженні.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Проведений аналіз дозволяє розробити рекомендації по забезпеченню екологічної стійкості підприємства, а також план ліквідації аварійних ситуацій і витоків нафтопродуктів, в який включають об'єкти і території, що підлягають особливому захисту від забруднень (водозабори, житлові масиви, зони відпочинку).

Повинна бути встановлена (обґрунтована) категорія екологічної небезпеки об'єкту. Для цього встановлюють структуру викидів і скидань забруднюючих речовин при експлуатації технологічного устаткування. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок «пріоритетного» викиду шкідливих речовин.

Залежно від категорії небезпеки вводиться періодичність звітності в системі держобліку викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Найбільша ефективність в захисті повітряного середовища від забруднюючих викидів досягається при поєднанні заходів щодо вдосконалення технологічних процесів, газоочистки, забезпечення загальних санітарно-гігієнічних вимог і правильних об'ємно-планувальних рішень.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення

чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;
- державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи Мінекоресурсів України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво.

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

4.2. Охорона праці

Охорона праці включає техніку безпеки, що запобігає травматизму, і виробничій санітарії, перешкоджає виникненню захворювань із-за дії шкідливих чинників. Впровадження раціонального комплексу заходів, направлених на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20%. Структура комплексу заходів наступна.

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу на підприємстві.

2. Розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

3. Розробка вимог (інструкцій) з охорони праці при роботі на технологічному (модернізованому) обладнанні або при використанні запропонованого пристосування.

4. Аналіз і оцінка пожежної безпеки підприємства, організація пожежної профілактики (визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці, ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування первинних засобів і витрати води для гасіння пожежі).

Аналіз стану охорони праці. Його проводять так, щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці.

При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтно-обслуговуючих робіт враховують наступне:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;
- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;
- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;
- відповідність будівлі ремонтно-обслуговуючого підприємства (приміщення виробничої ділянки) вимогам санітарних і будівельних норм і правил;
- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;
- дотримання вимог безпеки при використанні обладнання, вантажопідйомних машин і судин, що працюють під тиском;
- динаміку травматизму і захворюваності;

- санітарно-побутові умови працівників;

- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів по пожежній небезпеці, наявність і готовність первинних і технічних засобів пожежогасіння, дотримання вимог пожежної безпеки, наявність і стан грозозахисних пристроїв і т. п.).

Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу. Вони повинні бути конкретними.

Заходами передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації (наймача) з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охороні праці;

- вдосконалення системи навчання працівників охороні праці відповідно до нормативних документів;

- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;

- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;

- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;

- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;

- створення нормального повітряного середовища за рахунок вентиляції і опалювання;

- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;

- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;

- забезпечення пожежної безпеки;

- створення необхідних санітарно-побутових умов для працівників підприємства.

Для розробки вимог безпеки (інструкції) з охорони праці при експлуатації існуючого, проектованого або модернізованого устаткування (пристосування) необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і

шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи, небезпечні зони, а потім описати методи їх ліквідації. Необхідно також обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

Для забезпечення безпечної експлуатації і обслуговування проектованого устаткування передбачають захисні засоби, блокуючі і гальмівні пристрої, засоби сигналізації, захист від враження електричним струмом і ін. Робоче місце оператора організовують з урахуванням вимог ергономіки.

Крім того, при необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на проектованому обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Техніко-економічна оцінка ефективності підвищення надійності деталей проведена у відповідності з рекомендаціями [29].

Річний економічний ефект від впровадження розробленої технології відновлення бронзових втулок визначали за формулою:

$$E = \left[(c_1 + E_н \kappa_1) - (c_2 + E_н \kappa_2)\right] B_Г, \qquad (4.10)$$

де c_1 і c_2 – собівартість відновлення втулки по традиційній і розробленій технології;

$E_н = 0{,}15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень [30];

$B_Г$ – річний обсяг відновлених втулок за розробленою технологією, шт.

Затрати $C_у$ на виготовлення установки для відновлення за такою формулою:

$$C_у = C_к + C_{од} + C_{пд} + C_{сб} + C_{зв}, \qquad (4.11)$$

де $C_к$ – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

$C_{од}$ – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн.;

$C_{пд}$ – ціна великих покупних деталей і вузлів, грн.;

$C_{сб}$ – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції, грн.;

$C_{оп}$ – загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкції, грн.

Розраховані за вказаною формулою (4.11) витрати склали 19135 грн.

Питомі капіталовкладення визначали по залежностях:

$$к_1 = \frac{C_{О1}}{B_{Г1}}; \quad к_2 = \frac{C_{О2}}{B_{Г2}}, \tag{4.12}$$

де $C_{О1}$ і $C_{О2}$ – вартість основних виробничих фондів за діючої технології виготовлення і розробленої технології відновлення втулок;

$B_{Г1}$ і $B_{Г2}$ – річна програма виготовлення та відновлення за розробленою технологією.

Питомі капіталовкладення склали $к_1$ = 27,05 грн.; $к_2$ = 16,35 грн.

Собівартість відновлення C втулки визначали по наступній формулі:

$$C = C_{з.п.} + C_м + C_{р.ф.} + C_{н.р.} + C_{і.в.}, \tag{4.13}$$

де $C_{з.п.}$ – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих в процесі відновлення, грн.;

$C_м$ – витрати на використані при відновленні матеріали, грн.;

$C_{р.ф.}$ – вартість ремонтного фонду з урахування витрат на придбання обладнання, грн.;

$C_{н.р.}$ – накладні витрати, грн.;

$C_{і.в.}$ – інші витрати, грн.

Собівартість однієї нової втулки в середньому складає C_1 = 17,2 грн., а відновленої C_2 = 13,3 грн.

Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої технології складе:

$$Э = \left[\left(17,2 + 0,15 \cdot 27,05\right) - \left(13,3 + 0,15 \cdot 16,35\right)\right] \cdot 12000 = 66000 \text{ грн.}$$

Економічний ефект на одиницю продукції становить 5,5 грн.

Додатковий прибуток від реалізації річного обсягу продукції у виробника становитиме:

$$П = \left[\left(Ц_2 - C_2\right) - \left(Ц_1 - C_1\right)\right] B_Г, \qquad (4.14)$$

де $Ц_1$ і $Ц_2$ – оптова ціна нової і відновленої за розробленою технологією бронзової втулки, грн.

$$П = \left[\left(3,38 - 13,3\right) - \left(3,38 - 17,2\right)\right] \cdot 12000 = 46800 \text{ грн.}$$

Основні показники техніко-економічної ефективності відновлення втулок наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Показники техніко-економічної ефективності

Показники економічної оцінки	Значення показників	
	існуюча технологія	розроблена технологія
1	2	3
1. Річний об'єм відновлення, шт.	12000	12000
2. Собівартість відновлення однієї втулки, грн.	17,2	13,3

Продовження табл. 4.3

1	2	3
3. Питомі капітальні вкладення, грн.	27,05	16,35
4. Річний економічний ефект, що очікується, грн.		66000
5. Економічний ефект на одиницю продукції, грн.		5,5
6. Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років		0,41

Висновки

1. Вібраційний метод відновлення забезпечує зниження зносу в 1,2 рази в порівнянні з традиційним методом.
2. Характер зносу втулок не відрізняється від розробленого методу.
3. Вартість однієї втулки, відновленої вібраційним методом, в 1,23 рази нижче вартості нової втулки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведеним аналізом літературних джерел і передового досвіду в області відновлення деталей встановлено, що надійність сільськогосподарської техніки в значній мірі визначається експлуатаційними властивостями деталей, виготовлених з кольорових металів і сплавів.

2. Вирішення проблеми підвищення експлуатаційної надійності машин слід здійснювати за рахунок застосування ефективних технологічних процесів відновлення зазначених дорогих деталей. Одним з перспективних є метод вібраційного зміцнення. Виявлено технологічна можливість і економічна доцільність відновлення бронзових деталей типу втулок методом вібраційного деформування.

3. Виявлено явище зсуву маси оброблюваного матеріалу на торець втулки по ходу руху пуансона, яке при звичайному деформації становить 0,72-0,77 г, а вібраційному - 0,38-0,43 м.

4. Найменше значення зсувається маси має місце при куті ухилу пуансона 9°: при звичайному деформації 0,72 г і при вібраційному 0,38 г, тобто в 1,89 рази менше.

5. Вартість однієї втулки, відновленої вібраційним методом, в 1,23 рази нижче вартості нової втулки.