



УДК 621.7

RESEARCH OF TECHNOLOGIES FOR RESTORATION OF PARTS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT HYDROSYSTEMS ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТИВ ГІДРОСИСТЕМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Ivankova O.V. / Іванкова О. В.*s. t. s. as. prof / к. т. н., доц.*

ORCID ID (0000-0003-1825-0262)

ResearcherID (Q-6470-2016)

Fedin V.O. / Федін В.О.*PhD student in Industrial engineering,*ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6646-5906>**Chumak M.V. / Чумак М.В.***Department Assistant**Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36000, Ukraine**Полтавський державний аграрний університет, Полтава, в. Сковороди 1/3, 36003*

Анотація. Не існує сільськогосподарської техніки, яка могла б працювала вічно. У процесі експлуатації рано чи пізно постає питання ремонту, покупки запасних частин.

Завданням технічного сервісу є оптимальне вирішення таких питань. А, разом з тим, у галузях сільськогосподарського машинобудування і техсервісу існує необхідність підвищення ресурсу та надійності машин.

Шляхом розробки та впровадження прогресивних технологій відновлення зношених деталей та зміцнення їх поверхонь можливо вирішити цю задачу.

Розглянуто сучасні технології ремонту деталей сільськогосподарської техніки, зокрема, деталей гідравлічних систем. Методи з використанням пластичного деформування є продуктивними та доступними.

З'ясування впливу пластичної деформації, а також дії термічного режиму при відновленні деталей типу втулок з алюмінієвих сплавів є актуальним питанням.

Проведено вивчення можливості використання процесів пластичного деформування, а саме, роздачі та осадження для відновлення втулок шестеренних гідронасосів.

Досягнення підвищеної надійності деталей залежить від можливості зміцнення їх матеріалу. Проведені дослідження термічного впливу та зміцнення пластичним деформуванням на твердість поверхонь та їх зносостікість.

Ключові слова: технологія, надійність, пластичне деформування, осадження, втулка, матеріал, дослідження.

Вступ

Велика кількість деталей сільськогосподарської техніки, зокрема, вузлів гідравлічних систем сприймає інтенсивне тертя та жорсткі циклічні навантаження. Застосування прогресивних технологій обробки деталей та сучасних методів зміцнення поверхонь сприяє досягненню підвищення їх ресурсу.

Шестеренні насоси є важливою складовою гідросистем тракторів,



вантажних автомобілів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки, а також верстатів пресів, підйомників і т. д. Їх призначення: нагнітання і подача робочої рідини (найчастіше, мінерального мастила) в гідравлічні системи механізмів рульового керування, приводів керування напівнавісними і причіпними знаряддями сільськогосподарських тракторів, дорожніх та інших машин.

Багато науковців досліджують підвищення надійності машин. Літературні джерела містять результати проведених досліджень у галузі технічного сервісу. Відновлення зношених деталей вузлів гідравлічних систем автотракторної та іншої сільськогосподарської техніки привертає увагу багатьох дослідників. Вивчаються методи відновлення та зміцнення їх поверхонь, що приводить до підвищення надійності та довговічності механізмів та вузлів гідросистем [1, 6, 7, 8].

Застосуванню технологій пластичної деформації в літературі присвячується багато матеріалів. Висвітлюються переважно технології обробки із застосуванням пластичного деформування окремих деталей.

Пластичне деформування можливе шляхом використання різноманітних схем навантаження. Тому, доцільно, поглиблювати дослідження питань міцності, пластичності при реалізації різних схем деформації деталей.

Питаннями розробки технологій деформування шляхом роздачі сталевих та бронзових деталей займаються науковці школи професора Дуднікова А.А. Основний напрямок досліджень - використання вібраційного деформування для зміцнення поверхонь деталей [7].

Над розв'язанням завдань прикладного використання процесів пластичного деформування працює багато науковців [9,10].

У теорії та практиці використання процесів пластичного деформування одним з найактуальніших питань залишається розробка науково обґрунтованих режимів технологій пластичного деформування конкретних деталей.

Постановка завдання. Метою роботи є вдосконалення технології відновлення втулок шестеренних насосів методом пластичної деформації. Для



досягнення мети потрібно вирішити наступні завдання:

1. Провести огляд конструкції та експлуатаційних характеристик шестеренних насосів.
2. Проаналізувати закономірності зношування втулок ґрунтуючись на результатах мікрометричних вимірювань.
3. Встановити типові дефекти та максимальних величин зносу.
4. Вивчити вплив зміцнення матеріалу втулок внаслідок пластичного деформування на властивості деталей
5. Дослідити вплив термічної дії на властивості втулок після осаджування.
6. Обґрунтувати доцільність використання способу осаджування як ефективного інженерного рішення при відновленні торцевих поверхонь втулок.

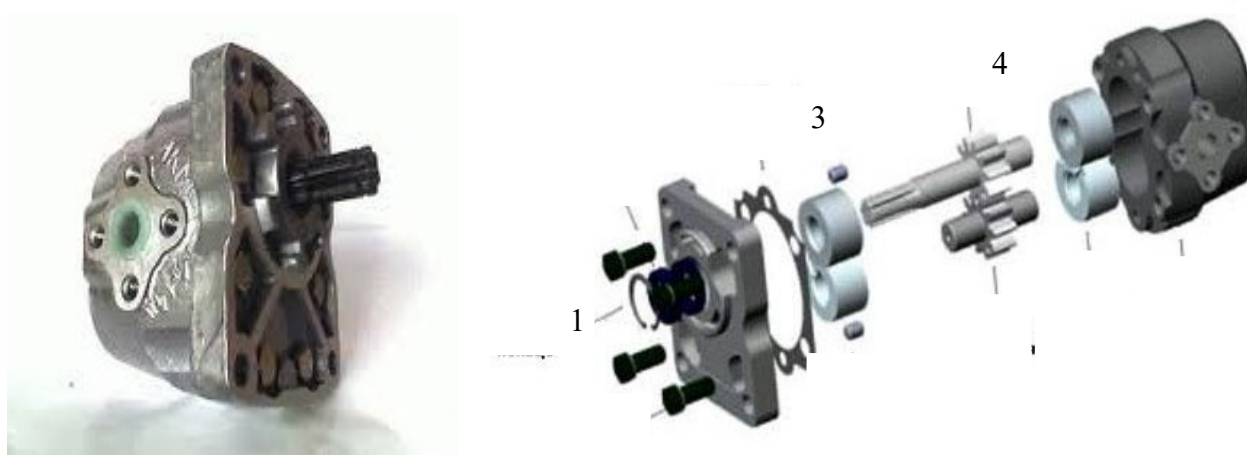
Результати досліджень.

Принцип роботи такого насосу такий: шліцьовий вал отримує крутний момент від валу відбору потужності трактора, автомобіля чи іншої сільськогосподарської (дорожньої) техніки. На цьому ж шліцьовому валу всередині корпусу встановлена ведуча шестерня, яка входить в зчеплення з веденою шестернею насоса (рис. 1) [2,3]. Вони знаходяться в зачепленні одна з одною з мінімальним радіальним зазором. До бічних стінок насоса прилягають торцеві поверхні шестерень. При обертанні шестерень рідина яка перекачується заповнює впадини між зубами, переноситься по внутрішній поверхні корпуса з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання, там виникає надлишковий тиск, тобто, рідина виштовхується і створюється тиск у системі.

Втулки шестеренних насосів виконують роль підшипників ковзання цапф шестерень, а також торцевих ущільнювачів шестерень і замикачів камери нагнітання.

Втулки виготовляються з антифрикційних алюмінієвих сплавів АМО, зокрема АМО -3-7.

Необхідність вивчення характеру зношування та величини зносу втулок є очевидною, враховуючи важливість їх функцій в роботі насоса.



1 – манжета; 2 – кришка; 3 – спеціальна пластина; 4 – ведуча шестерня; 5 – корпус; 6 – втулка; 7 – ведена шестерня; 8 – штифт; 9 – болт; 10 – штопорне кільце.

Рисунок 1 – Складові частини масляного насоса

Джерело[3]

Втулки виготовляють з антифрикційного алюмінієвого сплаву АМО -3-7. Властивості сплаву АМО 3-7: хімічний склад 87,6 – 93,6% алюмінію, до 1,3% заліза, до 1,5 % мідь, магній 0,2 – 0,5, нікель до 0,3, цинк до 0,5. Модуль пружності $E=1,15 \cdot 10^6$, коефіцієнт Пуассона $\mu=0,32-0,35$. Границя короткострокової міцності 127-196 МПа [2].

Втулки шестеренного насосу сприймають дію абразивного і теплового зношування. Тепловий знос виникає внаслідок відносних переміщень з великою швидкістю спряжених поверхонь. Пара тертя при цьому сприймає дію значного питомого навантаження.

З досягненням температури тертя деталей спряження 300°C і вище починається значне зменшення міцності робочих поверхонь втулок.

Теплове зношування деталі характеризується контактним схоплюванням та руйнуванням поверхні з налипанням і розмиванням металу по поверхнях тертя.

Коли продовжується інтенсивний розвиток зносу утворюються задири і натирання алюмінію та налипання м'яких частинок алюмінію на сталі шестерні, тоді, підвищується коефіцієнт тертя. А це може бути причиною заклинювання і виходу з ладу спряжених деталей [6].



У спряженні торець шестерні - торець втулки виникає максимальне зношування, але при умові автокомпенсації торцевих зазорів це не має істотного впливу на зниження коефіцієнта подачі насоса. Величина зазору у спряженні торець втулки-торець шестерні залежить від тиску нагнітання масла [4,5].

Експериментальна графічна залежність зазору в спряженні торець шестерні - торець втулки насоса від величини тиску нагнітання приведена на рис. 2.

З рисунку видно, що із підвищенням тиску нагнітання рідини від 2,0 до 10 МПа зазор може зменшуватися від 4,7 мкм до 2,55 мкм.

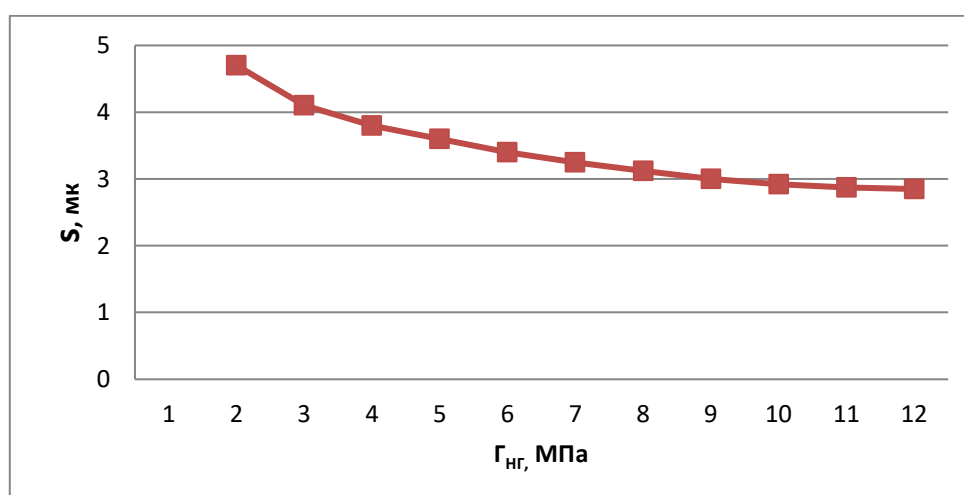


Рисунок 2 - Графік залежності зазору у з'єднанні торець втулки – торець шестерні від величини тиску нагнітання робочої рідини

Авторська розробка

У роботі було виконано аналіз дефектів та зносів деталей 10 шестеренних насосів, результати якого представлено на рисунку 3.

Проведений мікрометраж 10 пар втулок по зовнішній та торцевій поверхонь. Результати вимірювань приведені у вигляді графіків (рис. 4).

Отже, величина зносу лежить у межах 0,22-1,48 мм. Максимальна величина зносу 19,39/19,55/19,48 мм. При такій величині зносу ці втулки доцільно відновлювати.

Проведено аналіз методів та способів відновлення деталей шестеренних насосів гідросистеми автотракторної техніки (рис. 1).

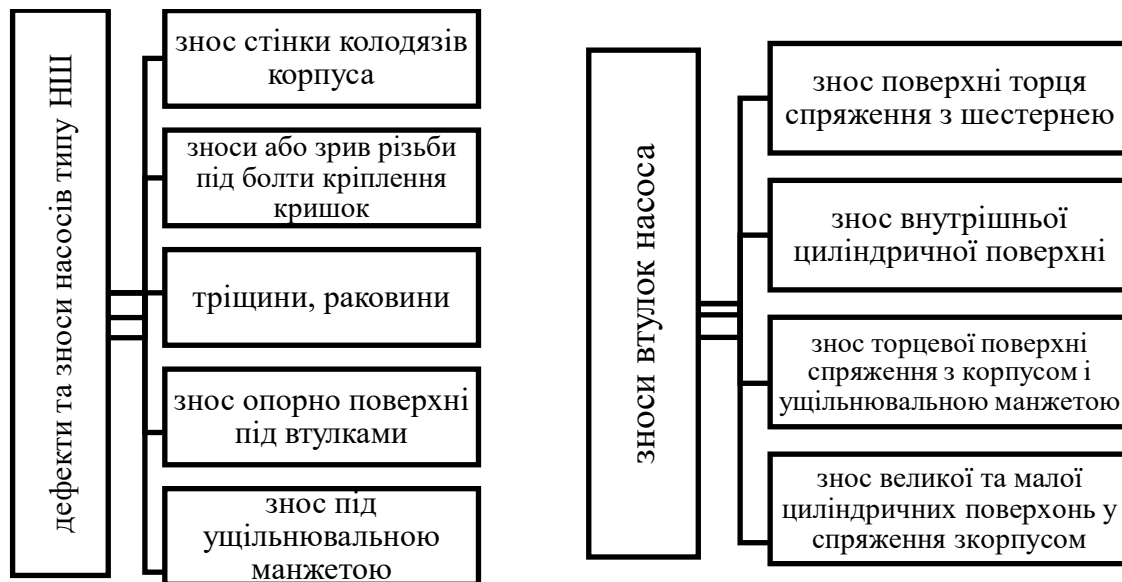


Рисунок 3 – Основні дефекти та зноси деталей шестеренних насосів

Авторська розробка

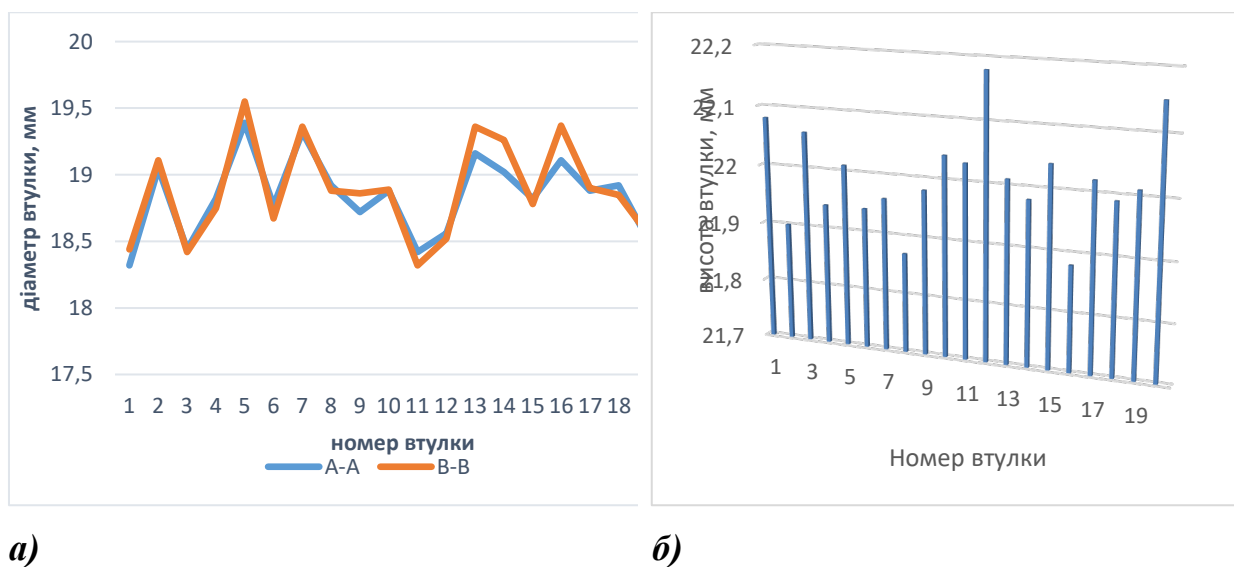


Рисунок 4 – Результати вимірювання по зовнішньому діаметру зношених втулок

а) – зовнішнього діаметра; б). – поверхні торця

Авторська розробка

Спосіб відновлення деталей методом пластичного деформування, як показали аналітичні дослідження, є досить перспективним напрямком.

Відновлення деталей методом пластичного деформування ґрунтується на їх здатності змінювати форму і розміри за рахунок перерозподілу металу деталі. Цими методами деталі відновлюють як в холодному, так і в гарячому стані [7,10,12].

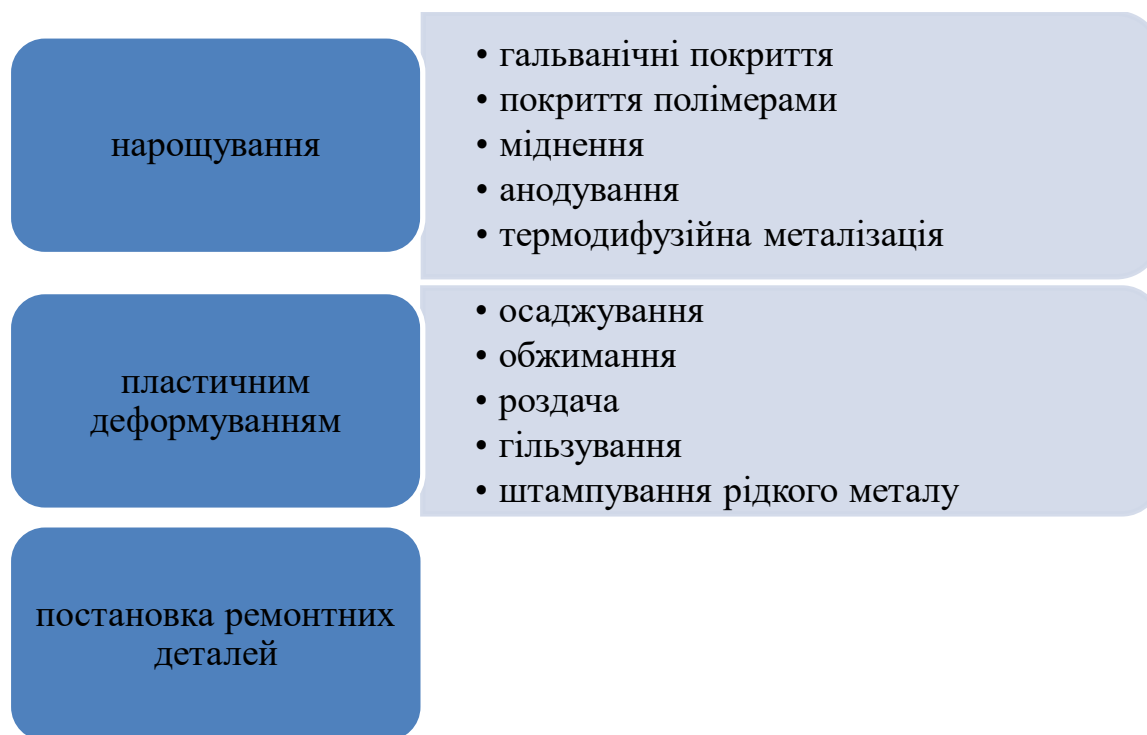


Рисунок 5 – Методи та способи відновлення втулок

Авторська розробка

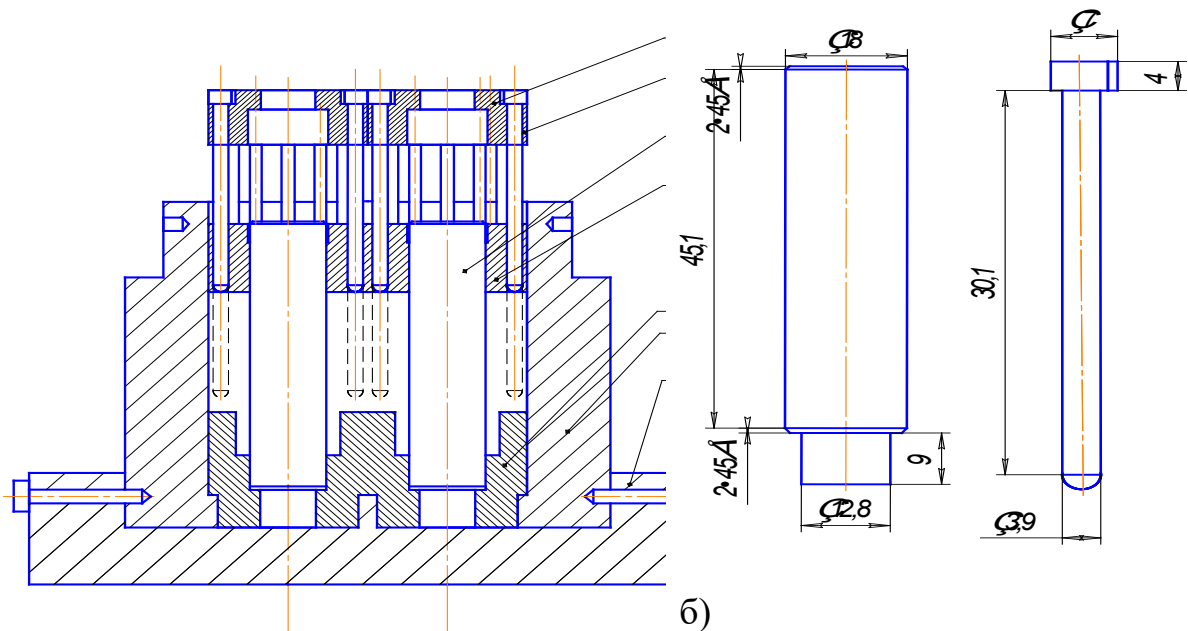
Суть способу осаджування полягає в компенсації зношеного шару матеріалу зменшенням висоти втулки. Висоту втулки можливо відновити або постановкою алюмінієвої шайби, або зменшити висоту колодязів корпусу.

Експерименти проводилися на пристосуванні для роздачі деталей типу втулок, принципова схема якої приведена на рис. 6.

Пристосування складається з верхньої обойми 1, пуансона 2, вкладиша 3, 4-обойма нижня, 5-підставка, 6-матриця, 7-основа, 8-болт, 9-шайба пружина.

Осаджування втулок проводилося при тиску $P=430...450$ МПа і з витримкою втулки під тиском протягом $t=2...3$ с. Перед осадженням втулки були нагріті до температури $T=450...500^{\circ}\text{C}$, так як алюмінієвий сплав АМО-7-3 (ISO 209-1) при холодній деформації має схильність до розтріскування. Після нагрівання втулок їх осаджували. Для цього нагріту втулку поміщали в попередньо підігріту до температури $100-120^{\circ}\text{C}$ матрицю.

Встановлено, що для цього сплаву мінімальна твердість і відповідна їй максимальна пластичність, при яких потрібно робити пластичну деформацію, перебувають в інтервалі температури $450-500^{\circ}\text{C}$.



а)

б)

Рисунок 6 - Схема пристосування для відновлення втулок масляних насосів (а) і пуансон (б)

Авторська розробка

В процесі осаджування всередині втулки був пуансон циліндричної форми (рис. 6б) для обмеження перетікання металу у внутрішню порожнину.

Після осадження внутрішній діаметр втулки оброблявся спеціальним дорном до ремонтного розміру. Після цього на спеціальній оправці токарно-гвинторізного верстата 1К62 проточувалася зовнішня поверхня втулки до необхідного розміру. При цьому об'єм металу деталі залишається постійним.

Після процесу пластичного деформування необхідно провести штучне старіння [11] протягом 6 годин при температурі 180°C, чим досягається максимальна твердість матеріалу.

Отже, технології пластичного деформування, зокрема осадження, доцільно використовувати для відновлення втулок шестеренних насосів на ремонтних підприємствах для підвищення післяремонтного ресурсу насосів.

Висновки

Дослідження по використанню пластичного деформування у процесах відновлення зношених втулок шестеренних насосів гідросистем



сільськогосподарської техніки є актуальними.

Виконано огляд конструкції та технологічних характеристик шестеренних насосів гідравлічних систем.

Проаналізовано закономірності зношування втулок на основі вимірювань зношених деталей. Зокрема, вимірюваннями зовнішньої, внутрішньої та торцевої поверхонь зношених втулок виявлено, що знос втулок по зовнішньому діаметру знаходиться в межах від 0,08 до 0,16 мм.

Встановлені типові дефекти та зноси. Результати свідчать, що зношені втулки можна відновлювати.

У результаті аналізу способів відновлення визначено, що одним із перспективних методів відновлення є пластичне деформування.

Обґрунтована доцільність використання способу осаджування при відновленні конкретних деталей, а саме, втулок шестеренних насосів гідравлічних систем автотракторної техніки.

Розроблено робочі інструменти та пристосування для здійснення пластичного деформування втулок.

Обґрунтовано режими відновлення втулок.

Зроблено висновок про те, що спосіб пластичної деформації для відновлення втулок шестеренних насосів на ремонтних підприємствах можна використовувати для підвищення післяремонтного ресурсу насосів.

Література:

1. Афтаназів І.С., Гавриш А.П., Киричок П.О. та ін. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 2001. 516 с.
2. Шестерний насос – призначення і особливості: веб-сайт. URL <https://kammash.com/ua/shesternij-nasos-priznachennya-i-osoblivosti/> (дата звернення: 07.08. 2025).
3. Насос шестеренний НШ 50 А-3Л (круглий) лівий Гідросила (Кіровоград) <https://adara.ua/ua/categories/nasosi-nsh/nasos-shesterenniy-nsh-50a-3l> (дата



звернення: 11.09. 2025).

4. Устюянов П.Д., Домуші Д. П. Діагностування гідравлічної системи тракторів. *Аграрний вісник причорномор'я*. 2016. Вип. 80. С.76-81
5. Технологічні особливості ремонту гідросистем тракторів. Щомісячний журнал AGROEXPERT: веб-сайт. URL <https://agroexpert.ua/tekhnolohichni-osoblyvosti-remontu-hidrosystem-traktoriv/> (дата звернення: 10.05. 2025).
6. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія /Аулін В. В. та ін. ; за ред. проф. В. В. Ауліна. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. 303 с.
7. Dudnikov A.A., Ivankova O.V., Gorbenko O.V., Kelemesh A.O. Effect of vibration treatment on increasing the durability of tillage equipment working bodies. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2021. № 2/1 (110). P. 104-108. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228606.
8. Іванкова О. В., Гаращук О. В., Куценко В. І., Щербина В. В., Чижевський Д. В., Бабич Я. В., Тіхонов М. О. Дослідження методів відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки. // *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. С. 283–292. doi: 10.31210/visnyk2020.04.36
9. Матвийчук В. А., Михалевич В. М. Розвиток процесів локального деформування : монографія: Теорія і практика обробки матеріалів тиском. Запоріжжя, вид. АТ «Мотор Січ». 2016. С. 339– 363.
10. Тимчик Г.С., Філіппова М.В., Демченко М.О. Діагностика напружено-деформованого стану металевих конструкцій [монографія] / Г.С. Тимчик, М.В. Філіппова, М.О. Демченко // Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 168 с.
11. Sivak R. Evaluation of metal plasticity and research of the mechanics of pressure treatment processes under complex loading. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 6/7 (90). P. 34-41. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.115040
12. Іванкова, О., В. Бартош, Я. Общій, Ю. Кисіль. «Відновлення зношених



деталей сільськогосподарської техніки пластичним деформуванням». *Modern Engineering and Innovative Technologies*, вип. 1, вип. 25-01, Лютий 2023, с. 23-29, doi:10.30890/2567-5273.2023-25-01-073. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-25-01-073>

Abstract. *There is no agricultural machinery that could work forever. In the process of operation, sooner or later the question of repair, purchase of spare parts arises.*

The task of technical service is to optimally solve such issues. And, at the same time, in the fields of agricultural engineering and technical service there is a need to increase the resource and reliability of machines.

By developing and implementing progressive technologies for restoring worn parts and strengthening their surfaces, it is possible to solve this problem.

Modern technologies for repairing parts of agricultural machinery, in particular, parts of hydraulic systems, are considered. Methods using plastic deformation are productive and accessible.

Clarification of the influence of plastic deformation, as well as the effect of thermal conditions when restoring parts such as aluminum alloy bushings is a topical issue.

The possibility of using plastic deformation processes, namely, distribution and deposition for restoring bushings of gear hydraulic pumps, has been studied.

Achieving increased reliability of parts depends on the possibility of strengthening their material. Studies of thermal effects and strengthening by plastic deformation on the hardness of surfaces and their wear resistance have been conducted.

Keywords: *technology, reliability, plastic deformation, deposition, bushing, material, research.*

Стаття відправлена: 24.09.2025 р.

© Іванкова О.В.