

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНЮЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА РЕСУРС МАШИН

Іванкова О.В. кандидат технічних наук, доцент
(Полтавська державна аграрна академія)

Бартош В.Ю., директор
(ТОВ «Авто-Моторна Компанія»)

Розглядається питання підвищення експлуатаційного ресурсу при відновленні сталевих і бронзових втулок та інших зношених деталей машин із застосуванням вібраційного деформування.

Ремонт тракторів, автомобілів та складної сільськогосподарської техніки полягає в економічно обґрунтованому усуненні несправностей і відновленні їх ресурсу після експлуатації. Управління якістю під час ремонту техніки нерозривно пов'язано із дотриманням нормативних вимог до надійності відремонтованих машин. Тому головне завдання ремонтного виробництва полягає в ефективному відновленні надійності машин у результаті найбільш повного використання залишкової довговічності деталей.

Метою досліджень є вибір способу і обґрунтування режимів відновлення деталей, з найвищим коефіцієнтом підвищення післяремонтного ресурсу.

У технічній літературі є цілий ряд робіт, присвячених дослідженням по підвищенню експлуатаційного ресурсу деталей машин.

Дослідження проводились на зношених деталях типу втулок, зокрема поршневих пальцях двигунів внутрішнього згорання, бронзових втулках рідинних насосів, втулках направляючого ролика картоплекопачів КТН-2В.

В результаті пошуків:

- обґрунтовано доцільність застосування способу відновлення зношених деталей машин пластичним деформуванням з вібраціями;*
- виявлена залежність між параметрами режиму відновлення, на основі чого отримані емпіричні залежності зусилля деформування;*
- проведено оцінку зносостійкості відновлених деталей;*
- визначено оптимальний інтервал значень коефіцієнта підвищення ресурсу $\beta_p = 2,00 \dots 2,5$ що відповідає технології: наплавлення, чистове точіння, зміцнення поверхневим пластичним деформуванням з наступним гартуванням струмами високої частоти, відпускання і шліфування $\beta_p = 2,42$. Отже, доцільно продовження досліджень по вібраційному деформуванню різних конструкційних матеріалів, розробки режимів та впровадження технології на підприємствах технічного сервісу.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Основною виробничою частиною

аграрного виробництва, що має визначальний вплив на обсяги та якість виробленої продукції, є машинно-тракторний парк. Він є складовою машинно-технологічного комплексу галузі і включає в себе технології виробництва продукції, технічні засоби для реалізації цих технологій та структуру, що забезпечує ефективне функціонування системи.

Умови ринку, в яких працюють підприємства технічного сервісу, вимагають постійного пошуку шляхів реалізації в конкурентній боротьбі, одним з яких є безперервне вдосконалення технологічного процесу і організації виробництва. Таке положення приводить до різкого зростання питомої ваги відновлених деталей, враховуючи їх істотно меншу вартість при практично рівному, а незрідка і більшому ресурсі.

Отже, ситуація, що склалася до теперішнього часу, у сфері технічного сервісу сільськогосподарської техніки вимагає невідкладного пошуку нових технологічних рішень і розробці організаційних заходів з підвищення їх ефективності. Розробка і впровадження технологій відновлення деталей, які забезпечують економічність технологічного процесу, сприяють підвищенню післяремонтного ресурсу машин є важливим і актуальним.

Ключові слова: відновлення, ресурс, зносостійкість, деталь, пластична деформація, вібрація, коефіцієнт підвищення ресурсу.

Зниження затрат на виробництво сільськогосподарської продукції та підвищення екологічної безпеки навколишнього середовища може бути досягнуто за рахунок оптимізації рівня технічного забезпечення та ефективного використання машинно-тракторного парку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У технічній літературі є цілий ряд робіт, присвячених дослідженням по підвищенню експлуатаційного ресурсу деталей машин. Питання підвищення надійності техніки, вдосконалення системи технічного сервісу, досліджені у численних працях науковців, зокрема: Аніловича В.Я., Артемьєва Ю.Н., Войтюка В.Д., Єрмолова Л.С., Кряжкова В.М., Молодика М.В., Науменка О.А., Петрова Ю.Н., Черноіванова В.І. та інші. Ними були сформульовані основні організаційні та технологічні засади створення системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки.

Для отримання відремонтованого агрегату в цілому зношені деталі замінюються новими, які мають вищий ресурс або забезпечується цей рівень ресурсу при їх відновленні шляхом зміцнення робочих поверхонь деталі [1].

Вібрації в технологічних процесах мають практичне застосування. Вони використовуються для підвищення точності та продуктивності обробки і зміцнення деталей. Дослідження з метою розширення технологічних можливостей і промислового використання вібрацій є актуальною прикладною задачею. А так як процес відновлення і зміцнення зношених деталей пластичним деформуванням з використанням вібрацій ще залишається недостатньо вивченим [4,5]. Зокрема, не досліджена поведінка різних конструкційних матеріалів при вібраційній деформації деталей; рекомендації по визначенню оптимальних геометричних параметрів інструментів для вібродеформування деталей різної форми мають частковий характер. Отже, ця частина проблеми потребує подальшого дослідження.

Мета і завдання досліджень: вибір способу і обґрунтування режимів відновлення деталей з високим коефіцієнтом підвищення післяремонтного ресурсу. Для реалізації мети необхідно:

- обґрунтувати спосіб відновлення деталей;
- розглянути вплив параметрів обробки і робочого інструменту;
- визначити і порівняти значення коефіцієнту підвищення післяремонтного ресурсу відновлених деталей;
- провести оцінку зносостійкості відновлених деталей.

Дослідження проводились на зношених деталях типу втулок, зокрема поршневих пальцях двигунів внутрішнього згорання, бронзових втулках рідинних насосів, втулок направляючого ролика картоплекопачів КТН-2В. Методи досліджень: вивчення механічних властивостей деталей, відновлених різними методами, статистична обробка інформації.

Результати досліджень. Післяремонтний ресурс машини залежить від кількості деталей, придатних до експлуатації та від способу відновлення деталей, вибраних при дефектуванні. Розподіл післяремонтного ресурсу машини чи вузла представляє собою спільне поєднання розподілів ресурсів придатних деталей і відновлених деталей. В. Я. Анілович рекомендує використовувати коефіцієнт підвищення ресурсу при виборі технології відновлення деталі. Коефіцієнт підвищення ресурсу може набувати значення, зокрема: застосування поверхневого пластичного деформування, а саме, вібронакатування, дає змогу збільшити коефіцієнт підвищення ресурсу на 20...40%, а після гартування СВЧ та відпускання - 1,89 [2].

Основні умови, що визначають доцільність підвищення ресурсу деталей при їх відновленні:

- фактичний ресурс нових деталей або запасних частин низький порівняно з нормативним для машини, що вимагає виконувати 2...3 заміни протягом за строку її служби;
- ремонтне підприємство має технічну можливість реалізації технології зміцнення при відновленні зношених деталей [1,2].

Рівень рентабельності ремонтного виробництва при відновленні деталей можна розглядати як функцію коефіцієнта підвищення ресурсу [2].

Пластичне деформування при відновленні зношених деталей з метою підвищення їх післяремонтного ресурсу вивчається на кафедрі технологій та засобів механізації аграрного виробництва ПДАА протягом досить тривалого часу. Результати досліджень дають можливість зробити висновки про доцільність впровадження розробок на підприємствах технічного сервісу, а також намічають шляхи наступних досліджень.

Методика оцінки показників довговічності деталей по даних підприємств технічного сервісу [1,2] передбачає, що ресурс машини визначається величиною основного структурного параметру, що контролюється при дефектуванні. Початковими статистичними даними для є результати вибіркового вимірювань зміни розмірів при дефектуванні.

Контролювався розмір або зазор в спряженні. Зміна його є монотонною і відноситься до деградаційних процесів зношування. Під час дефектування

деталі, що не задовольняють умову $\Delta \leq D_0$ вважають тими, що відказали. Вони замінюються новими або відновленими.

Для визначення величини зносу кожної деталі проводилися вимірювання зовнішнього діаметру в перерізах п'яти поясів і чотирьох площинах. Статистична обробка даних для кожного поясу виконувалась окремо. Зокрема, аналіз дефектів та знос втулок направляючого ролика транспортера картоплекопача КТН-2В показує, що максимальний 0,75...1мм знос вони отримують у зоні контакту з роликом. Близько 10% втулок мали тріщини, а, отже відновленню не підлягали [4]. Поршневі пальці ДВЗ максимальний знос мають у зоні контакту їх з бобишками поршня, і в з'єднанні з втулкою верхньої головки шатуна. Близько 8 % пальців придатні без ремонту і 72 % можуть бути відновлені [6].

Дослідження процесу пластичного деформування із застосуванням вібрацій проводилися в кілька етапів. Перший: на зразках – втулках, виготовлених зі сталі та бронзи. Деформування здійснювали на експериментальній установці [5]. Величина деформації визначалась припуском на обробку для компенсації зносу. На основі результатів експериментів після математичної обробки були одержані емпіричні залежності, які пов'язують величину деформації ΔD і величину припуску Π на обробку:

$$\dot{I} = 0.716\Delta D^{1,39} - \text{для пальців двигунів Д-240};$$

$$\Pi = 0.0432 \cdot \Delta D^{1,72} - \text{для пальців двигунів СМД60(62)};$$

$$\Pi = 0.053 \cdot \Delta D^{0,19} - \text{для пальців двигунів ЗМЗ-405 (406)};$$

$$\Pi = 0.568 \cdot \Delta D^{1,648} - \text{для пальців двигунів КамАЗ};$$

$$\dot{I} = 1.025124 \cdot \Delta D^{-0.03524} - \text{для бронзових втулок рідинних насосів СВН-80А};$$

$$\dot{I} = 1.0241 \cdot \Delta D^{-0.0939} - \text{для втулок ролика транспортера КТН-2В}.$$

За результатами математичної обробки експериментальних даних параметрів режимів обробки були одержані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску (Π), кута нахилу твірної пуансона ($\tan \beta$), коефіцієнта деформації втулки по зовнішньому діаметру (K_L) для деформування без вібрації та з вібрацією відповідно, представлені у таблиці 1. $P = 18,9446(0.4 + \tan \beta) \cdot x + 4,0018$
 $P = 70,8258(0.4 + \tan \beta) \dot{I} - 3,4015$

Таблиця 1 – Емпіричні залежності зусилля деформування деталей

Деталь	Зусилля деформування	
	без вібрації	з вібрацією
Втулки ролика КТН-2В	$P = K_L [18.94(0.4 + \tan \beta) \dot{I} + 4.002]$	$P = K_L [70.83(0.4 + \tan \beta) \dot{I} + 3.41]$
Поршневі пальці СМД-62	$P = K_L [1882(0.4 + \tan \beta) \dot{I} + 52.2]$	$P = K_L [404(0.4 + \tan \beta) \Pi + 46.6]$
Поршневі пальці КамАЗ	$P = K_L [1078(0.4 + \tan \beta) \dot{I} + 68,2]$	$P = K_L [417(0.4 + \tan \beta) \Pi + 108,5]$
Поршневі пальці ЗМЗ-405	$P = K_L [91(0.4 + \tan \beta) \dot{I} + 54,9]$	$P = K_L [124(0.4 + \tan \beta) \dot{I} + 21,2]$
Втулки рідинних насосів	$P = K_L [(0.7 + \tan \beta) \dot{I} + 52,2]$	$P = K_L [(0.4 + \tan \beta) \dot{I} + 42]$

Приведені залежності можуть бути застосовані (з достатнім ступенем точності) для визначення зусилля при деформуванні деталей з низько і середньо вуглецевих, легованих сталей шляхом введення коефіцієнтів, пропорційних модулям пружності.

Результати порівняльних випробувань зносостійкості відновлених деталей показали, що величина зносу деталей, відновлених вібраційним методом в 1,31...1,47 рази менша, ніж деталей, відновлених без вібрації. Отже, пластичне деформування з вібрацією має зміцнюючий вплив на поверхню деталей [4,6].

Після відновлення партії деталей формувалась певна група з тих, якими були замінені вибракувані деталі. Післяремонтний ресурс машини (агрегату) залежить від способу відновлення деталей, вибракуваних при дефекації та від кількості деталей, придатних до подальшої експлуатації.

Використання зміцнюючих технологій підприємствами технічного сервісу при відновленні деталей машин приводить до підвищення середнього післяремонтного ресурсу машини $T_{пр}(\beta_p)$, але, разом з тим збільшує і витрати підприємства.

Користуючись методикою, розробленою В.Я. Аніловичем [2], ми підраховали середній післяремонтний ресурс як функцію коефіцієнта β_p :

$$T_{пр}(\beta_p) = (1 - 0,75) 4260 \beta_p + (4380 - 3000) 0,65 = 1065 \beta_p + 1035$$

А також по результатах розрахунків визначили оптимальний інтервал значень коефіцієнта підвищення ресурсу: $\beta_p = 2,00 \dots 2,50$.

Деталі, які були відновлені пластичним деформуванням пройшли експлуатаційні випробування в умовах аграрних підприємств Полтавської області. Величина зносу деталей, відновлених методом деформування з вібрацією в 1,25..1,41 рази менше, ніж відновлених без вібрації. Поршневі пальці, відновлені вібраційним деформуванням, сприяють підвищенню наробітку двигунів в середньому на 8,5 – 9,0 %. [6].

Висновки:

- обґрунтовано доцільність застосування способу відновлення зношених деталей машин пластичним деформуванням з вібраціями;
- виявлена залежність між величиною зносу і припуском на обробку та закономірності зміни зусилля обробки, на основі чого отримані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску на обробку, кута нахилу твірної конуса інструмента і довжини оброблюваної деталі;
- проведено оцінку зносостійкості відновлених деталей, зокрема, визначено, що зносостійкість відновлених з вібрацією вище в 1,25..1,41 рази, ніж деталей, відновлених без вібрації;
- визначили оптимальний інтервал значень коефіцієнта підвищення ресурсу $\beta_p = 2,00 \dots 2,50$, що відповідає технології: після наплавлення чистове точіння, зміцнення поверхневим пластичним деформуванням з наступним гартуванням струмами високої частоти, відпускання і шліфування $\beta_p = 2,42$. Пластичне деформування з вібраціями доступніше (стосовно обладнання) та простіше з технологічної точки зору. Отже, можемо говорити про доцільність проведення досліджень по вібраційному деформуванню різних конструкційних матеріалів, розробки режимів та впровадження технології на підприємствах

технічного сервісу.

Список використаних джерел

1. Міцність та надійність машин. [Анілович В.Я., Грінченко О.С., Карабін В.В.] та ін.; за ред. В. Я. Аніловича -К.: Урожай, 1996.-288с.
2. Надійність машин в завданнях та прикладах [Анілович В.Я., Грінченко О.С., Литвиненко В.Л.] та ін.; за ред. В. Я. Аніловича - Харків: Око, 2001.-320с.
3. Іванкова О.В. Бартош В.Ю., Буравський В. В. та ін. Використання пластичного деформування при відновленні зношених деталей сільськогосподарської техніки.// Перспективна техніка і технології - 2011: VII Міжнарод. наук.-техн. конф., 14...16 вересня 2011р.: Матеріали конференції. - Миколаїв: МДАУ, 2011.- С.82-87.
4. Іванкова О.В. Дослідження впливу зміцнюючих технологій на післяремонтний ресурс відновлених деталей.//Аграрна освіта і наука у ХХІ столітті – 2013: Міжнарод. наук.-практ. інтернет-конф., 25...26 квітня 2013р.: Матеріали доповідей і виступів. – Полтава: ПДАА, 2013р. – С. 72-74.
5. Іванкова О.В. Патент на корисну модель № 59687. «Спосіб відновлення та зміцнення сталевих втулок». 25.05.2011. Бюл. 310. МПК 2011.01 С21Д 1/06 (2006.01) В23Р6/00.
6. Іванкова О.В. Дослідження впливу відновлення деталей вібраційним деформуванням на післяремонтний ресурс машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - Харків 2018 Випуск 192. 9 ст.

Аннотація

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НА РЕСУРС МАШИН

Иванкова Е.В., Бартош В. Ю.

Рассматривается вопрос повышения эксплуатационного ресурса при восстановлении стальных и бронзовых втулок, а также других деталей машин с использованием вибрационного деформирования.

Ремонт тракторов, автомобилей и сложной сельскохозяйственной техники состоит в экономически обоснованном устранении неисправностей и восстановление их ресурса. Управление качеством во время ремонта техники неразрывно связано с соблюдением нормативных требований к надежности отремонтированных машин. Поэтому главная задача ремонтного производства состоит в эффективном восстановлении надежности машин в результате наиболее полного использования остаточной долговечности деталей.

Цель исследований - выбор и обоснование режимов восстановления деталей с наивысшим коэффициентом повышения послеремонтного ресурса.

В технической литературе имеется целый ряд работ, посвященных исследованиям по увеличению эксплуатационного ресурса.

Исследования проводились на изношенных деталях типа втулок, в частности поршневых пальцах двигателей внутреннего сгорания, втулках

направляющего ролика картофелекопателей КТН-2В, бронзовых втулках насосов.

В результате исследований:

- обосновано целесообразность использования способа восстановления изношенных деталей машин пластическим деформированием с вибрацией;
- выявлена зависимость параметров режима восстановления, на основании чего получены эмпирические зависимости усилия деформирования;
- проведено оценку износостойкости восстановленных деталей;
- определен оптимальный интервал значений коэффициента повышения ресурса $\beta_p = 2,00 \dots 2,5$, который соответствует технологии: наплавка, чистовое точение, упрочнение поверхности поверхностным пластическим деформированием с последующей закалкой токами высокой частоты, отпуском и шлифование ($\beta_p = 2,42$).

Поэтому целесообразно продолжение исследований по вибрационному деформированию разных конструкционных материалов, по разработке режимов и внедрению технологии на предприятиях технического сервиса.

Abstract

RESEARCH ON THE IMPACT OF CHANGE TECHNOLOGIES OF REPAIR OF MACHINE RESOURCES PARTS

Ivankova O., Bartosh V.

Present study considers the issue of increasing the operational resource during the restoration of steel and bronze bushings and other worn out parts of machines using the vibration deformation.

The repair of tractors, cars and complex agricultural machinery is based on economically justified fixing and restoration of their life after use. Quality management during repair of equipment is inextricably linked with compliance with regulatory requirements for the reliability of repaired machines. Therefore, the main task of repair production is to effectively restore the reliability of machines as a result of the most complete use of residual durability of parts.

The aim of the research is to choose the method and the justification of regeneration of parts, with the highest coefficient of increasing the after repairs resource.

In the technical literature, there are a number of works devoted to research on increasing the operational resource.

The research was carried out on worn out parts of the type of bushings, in particular piston fingers of internal combustion engines, bronze bushings of liquid pumps, cartridge roller bushings of the KTN-2B potato harvesters.

As a result of searches:

- the expediency of using the method of restoration of worn out parts of machines by plastic deformation with vibrations has been substantiated;
- dependence between the parameters of the regeneration mode was revealed, on the basis of which the empirical dependences of the deformation effort were obtained;
- an assessment of durability of the restored parts;
- the optimum interval of the values of the increase factor of the resource $\beta_p = 2,00 \dots 2,5$ is determined, which corresponds to the technology: surfacing, clearing, hardening by surface plastic deformation with subsequent quenching by high frequency currents, release and grinding ($\beta_p = 2,42$). Consequently, we can talk about the expediency of continuing research on vibration deformation of various structural materials, the development of regimes and the implementation of technology at the enterprises of technical services.