

Факультет конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри надійності техніки,
к.т.н., доц. ____ Новицький А.В.

(підпис) (ПІБ)
“ ” 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «Удосконалення технології технічного
сервісу в умовах ФГ «Махно» шляхом оптимізації
параметрів розбирально-складальної ділянки»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н., проф.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Булгаков В.М.
(підпис) (ПІБ)

Керівники бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦ.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Попик П.С.
(підпис) (ПІБ)

асист.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Кульпін Р.А.
(підпис) (ПІБ)

Виконав _____
(підпис)

Бондаренко А.І.
(ПІБ студента)

Київ - 2026 р.

Форма № Н-9.01

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну**

ЗАТВЕРДЖУЮ**Завідувач кафедри**

надійності техніки

к.т.н., доц. Новицький А.В.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ” 20 р.

ЗАВДАННЯ**на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи****Бондаренко Анатолій Ігорович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технології технічного сервісу в умовах ФГ «Махно» шляхом оптимізації параметрів розбирально-складальної дільниці»
затверджена наказом ректора НУБіП України від “15” квітня 2026 р. № 1044 «С».

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 29 травня 2026р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: 1. Загальна характеристика ФГ «Махно». 2. Склад машино-тракторного парку (МТП) господарства. 3. Дані про існуючу систему технічного сервісу в господарстві. 4. Показники розбирально-складальної дільниці (до оптимізації). 5. Параметри для оптимізації (математична/інженерна основа). 6. Економічні вихідні дані.

Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Аналіз виробничої діяльності ФГ «Махно». 2. Технологічна частина (проектування процесів техсервісу). 3. Конструктивно-оптимізаційна частина. 4. Конструкторська розробка (технічне забезпечення). 5. Економічна ефективність проекту. 6. Загальні висновки.

Дата видачі завдання “ 23 ” вересня 2025 р.

Керівники бакалаврської кваліфікаційної роботи

(підпис) (прізвище та ініціали) **Попик П.С.**

(підпис) (прізвище та ініціали) **Кульпін Р.А.**

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

(прізвище та ініціали студента) **Бондаренко А.І.**

Київ - 2026 р.

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота викладена на 70 сторінках, графічна частина складається з 4 листів формату А1, кількість використаної літератури - 37 джерел.

Бакалаврська кваліфікаційна робота виконана на тему: «Удосконалення технології технічного сервісу в умовах ФГ «Махно» шляхом оптимізації параметрів розбиральної-складальної дільниці»

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи: є підвищення якості роботи в ремонтних підприємствах, виконання ремонтно-обслуговуючих робіт в ремонтних майстернях.

Об'єктом бакалаврської кваліфікаційної роботи: є процес ремонту коробки переміни передач трактора класу 1.4, розробка стенду для ремонту коробок перемінних передач.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичні.

Задачі бакалаврської кваліфікаційної роботи визначені на основі аналізу дефектів корпусних деталей їх видів і складність усунення, схеми технологічного процесу ремонту машин.

У першому та другому розділах проведено аналіз основних несправностей корпусних деталей, способів і методів їх відновлення, показано необхідність провадження передових технологій, застосування енергоємних і металоємних машин при виконанні ремонтних робіт у майстернях аграрних підприємств.

У третьому розділі представлена конструкторська розробка стенду для розбирання і складання КПП. Позитивний ефект від впровадження цього пристрою полягає в зниженні собівартості проведення ремонтних робіт.

У четвертому розділі вироблено техніко-економічне обґрунтування пропонованого пристосування.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ КОРОБКИ	
ПЕРЕМІНИХ ПЕРЕДАЧ	7
1.1. Аналіз характерних дефектів деталей коробок передач тракторів класу 1.4 та способів їх ремонту.....	7
1.2. Аналіз основних способів ремонту КПП та відновлення їх деталей.....	9
1.3. Несправності і ремонт коробки перемінних передач тракторів класу 1.4....	12
1.4 Демонтаж і ремонт коробки передач трактора тягового класу 1.4.....	20
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ КОРОБКИ	
ПЕРЕМІННИХ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА КЛАСУ 1.4.....	34
2.1 Технологічний процес ремонту коробок передач тракторів.....	34
2.2 Загальні положення по організації ремонту коробок перемінних передач.....	38
2.3 Вимоги на ремонт.....	42
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ.....	44
3.1. Аналіз існуючої конструкції.....	44
3.2.Аналіз конструкції.....	проектованої 45
3.3. Розрахунок конструкції.....	46
3.3.1 Розрахунок на зріз гвинта-шпонки.....	46
3.3.2 Розрахунок фіксатора.....	48
3.3.3 Розрахунок штирів на зріз.....	50
3.3.4. Розрахунок зварного з'єднання.....	53
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БКР.....	57
4.1 Визначення вартості основних виробничих фондів майстерні	57
4.2. Розрахунок собівартості умовного ремонту.....	59
4.2.1 Розрахунок фонду заробітної плати.....	59
4.3 Визначення кошторису витрат.....	60
4.4 Складання калькуляції собівартості ремонту машин.....	61

4.5 Техніко-економічні показники ремонтної майстерні.....	62
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДАТКИ.....	69

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ КОРОБКИ ПЕРЕМІНИ ПЕРЕДАЧ

1.1. Аналіз характерних дефектів деталей коробок передач тракторів класу 1.4 та способів їх ремонту

Коробка передач виступає невід'ємним елементом трансмісії транспортного засобу і функціонально призначена для регулювання передавального числа, що забезпечує трансформацію крутного моменту, який транслюється від силового агрегату до ведучих коліс. Крім того, даний вузол гарантує можливість реверсивного руху (заднього ходу) та реалізує довготривале роз'єднання двигуна з кінематичним ланцюгом рушія. Систематизація та класифікація дефектів дозволяє виконати комплексний аналіз домінуючих чинників, які детермінують надійність корпусних деталей, їхніх складальних одиниць та мобільної машини в цілому. Це є підґрунтям для обґрунтування раціональних варіантів організації ремонтно-відновлювальних впливів із метою відновлення нормативних показників безвідмовності відремонтованої техніки. У межах цього підходу дефекти диференціюють на окремі групи за однорідними властивостями та класифікаційними ознаками.

На сучасному етапі розвитку агроінженерії спостерігається стійка тенденція до зростання обсягів ремонтних робіт, що вимагає відновлення геометричних і фізико-механічних параметрів практично всієї номенклатури базових деталей із залученням прогресивних ресурсо- та енергозберігаючих технологій. Специфіка наявності та просторового розподілу пошкоджень на ключових конструктивних елементах деталей відображена на відповідній технологічній схемі. Корпусні деталі, які характеризуються складною просторовою конфігурацією, піддаються інтенсивним експлуатаційним впливам. Типовими дефектами елементів цієї групи є макроструктурні руйнування (тріщини, зломи, пробоїни), деформація та знос нарізних (різьбових) поверхонь, механічне спрацювання посадкових отворів під

підшипникові опори, а також порушення базової координації та взаємного просторового розташування опорних поверхонь.

Науково-практичні засади технічного сервісу машин засвідчують, що першопричиною суттєвого скорочення експлуатаційного ресурсу складальних одиниць є просторові деформації та відхилення від номінального взаємного розташування спряжених поверхонь базових (корпусних) деталей. Відповідно до класифікаційних ознак умов функціонування відновлюваних елементів, внутрішні циліндричні поверхні за характером кінематичної взаємодії з контрфігурами поділяють на дві категорії: нерухомі (де фіксація забезпечується силами тертя спокою або за допомогою допоміжних кріпильних компонентів) та рухомі. В останньому випадку спряження працює в умовах тертя ковзання при реалізації обертового, зворотно-поступального або комбінованого зворотно-обертового типів руху.

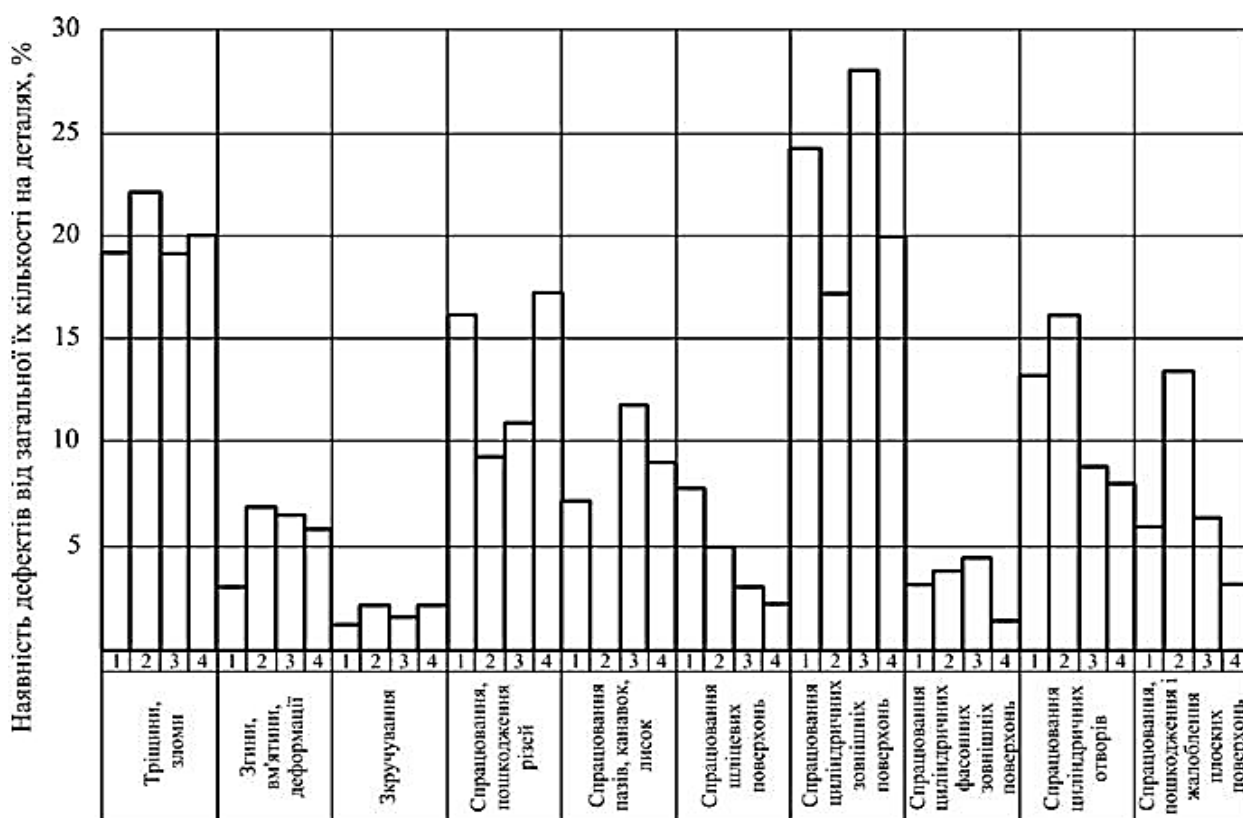


Рис.1.1. Наявність дефектів на основних конструктивних елементах деталей машин

1 – трактори; 2 - автомобілі; 3 – комбайни; 4 – сільськогосподарські машини та знаряддя.

Згідно зі статистичними даними ремонтних підприємств, від 50% до 80% корпусних деталей тракторного парку мають знос посадкових місць під підшипникові опори й потребують відновлення. Саме цей деструктивний фактор є причиною передчасного виходу з ладу та дефектування близько 22% підшипників кочення. Механічне спрацювання посадкових поверхонь під підшипники визначено як домінуючий дефект корпусних елементів трансмісій тракторів, комбайнів та автомобільного транспорту, що експлуатуються в аграрному секторі. Екстремальні значення лінійного зносу в середньому варіюються в діапазоні від 0,2 мм до 0,7 мм, тоді як на окремих локальних поверхнях цей показник може досягати критичних меж 1,5 - 2 мм [9, 10].

Відхилення від геометричної точності суттєво погіршує кінематику зачеплень: просторовий перекіс осей валів на кутову величину 34' призводить до інтенсифікації напружень на зубах шестерень на 18%, а при збільшенні кута перекоосу до 3° 22' додаткове навантаження зростає на 75%. Непаралельність осей у лінійному вимірі на 0,2 мм провокує стрибок динамічного навантаження на зубчастий елемент до 128%. Навіть мінімальний знос поверхні посадкового отвору на 0,05 мм збільшує тиск на зуби на 25%, що експоненціально знижує загальний експлуатаційний ресурс зачеплення. На відміну від двигунів внутрішнього згоряння, коробка перемикання передач володіє значно вищим потенційним запасом надійності й за умови суворого дотримання регламентів планово-запобіжного технічного сервісу здатна функціонувати безвідмовно протягом усього життєвого циклу машини. Нехтування якісним обслуговуванням трансмісійних вузлів призводить до аварійних поломок КПП, попри її високу конструктивну витривалість.

1.2. Аналіз основних способів ремонту КПП та відновлення їх деталей

Технологічний процес відновлення коробки перемикання передач інтегрує кілька послідовних взаємопов'язаних етапів, які починаються з

комплексного діагностування та демонтажу агрегату з машини. Наступна декомпозиція, дефектування деталей та безпосереднє усунення несправностей завершуються збиранням, зворотним монтажем вузла та фінальним регулюванням привода зчеплення і механізму вибору передач. Варто враховувати, що повне розбирання агрегату є доцільним виключно за умов капітального ремонту, тоді як поточне відновлення передбачає лише часткове втручання із зніманням верхніх і бічних кришок та вузла перемикачів для оперативної заміни дефектних компонентів. Після завершення збирального циклу коробку передач піддають обов'язковому стендовому обкатуванню під дією нормативного крутного моменту протягом двох-трьох хвилин на всіх режимах переднього та заднього ходу.

Домінуючими дефектами картерів і кришок є макроструктурні руйнування у вигляді тріщин і зломів, жолоблення притискних площин, знос посадкових гнізд під підшипники та пошкодження нарізі. Допустимий знос гнізд під підшипники кочення становить від 0,02 до 0,06 мм, а під стакани підшипників коливається в межах від 0,08 до 0,09 мм. Регенерацію цих поверхонь виконують методами гільзування шляхом постановки додаткової втулки, кільцювання, а також нанесенням електролітичних гальванічних або полімерних покриттів. Водночас зношені отвори під штифти розгортають під збільшений ремонтний розмір, а отвори під осі відновлюють запресовуванням нових втулок із застосуванням анаеробних герметиків або епоксидних компаундів. Пошкоджені різьбові отвори за умови зриву більше двох ниток нарізі відновлюють розсвердлюванням із нарізуванням збільшеної ремонтної нарізі або монтажем спіральних вставок, тоді як при менших пошкодженнях обмежуються прогонкою профілю мітчиком.

Макроструктурні тріщини картерів усувають дуговим зварюванням із використанням спеціалізованих електродів типу ЦЧ-4 або дроту ПАНЧ-11. Контроль герметичності корпусу після зварювальних робіт реалізують капілярним методом за допомогою гасу, наносячи на шви крейдовий розчин і змочуючи протилежну стінку. У разі виявлення протікання зону шва

зачищають і додатково герметизують епоксидною композицією. Жолоблення площини кріплення кришки ліквідують припилюванням або фрезеруванням, забезпечуючи нормативну площинність не менше 0,1 мм на довжині 100 мм. При цьому картери підлягають безумовному бракуванню за наявності більше двох тріщин сумарною довжиною понад 100 мм, а також якщо руйнування перетинають посадочні отвори під вісь блока шестерень заднього ходу.

Основними дефектами ведучих, проміжних і ведених валів є пластичний вигин, лінійний знос опорних шийок, потоншення шліців та пошкодження нарізних ділянок. Деформацію згину усувають правленням на пресах у холодному стані, причому для компенсації пружної віддачі до вала прикладають циклічне зусилля, що викликає прогин, який у десять-п'ятнадцять разів перевищує необхідний вихідний показник. Допустиме радіальне биття вала після правлення не повинно перевищувати 0,05-0,10 мм. Зношені шийки під підшипники та шліци відновлюють за допомогою електродугового наплавлення, приварювання металевої стрічки, хромування або залізнення з наступною механічною і термічною обробкою. Посадкові місця на кінцях валів також можуть відновлюватися методами пластичної деформації, включаючи осажування з попереднім нагріванням до кувальної температури або механічну роздачу за рахунок запресовування внутрішнього стрижня. Вали повністю вибраковують за наявності тріщин будь-якої локалізації, а також при відколах шліців або зубів незнімних шестерень.

У шестерень коробки передач найчастіше фіксують знос зубів за товщиною, викришування робочих поверхонь та забоїни на торцях. За наявності критичного зносу за товщиною або глибокого викришування шестерні замінюють новими або відновлюють напресовуванням нового зубчастого вінця, якщо це дозволяє загальна конструкція деталі. Незначні пошкодження та зміну профілю торцевих поверхонь зубів усувають шліфуванням абразивними кругами до відновлення нормативної вихідної геометрії. Відповідно, зношені отвори під штоки перемикання передач і блокуючого механізму в кришці відновлюють гільзовкою з подальшою

обробкою під номінальний розмір, а дрібні забоїни та задирки усувають ручною або машинною розверткою.

1.3. Несправності і ремонт коробки перемінних передач тракторів класу 1.4

Втрата працездатності та виникнення несправностей у коробці перемикання передач тракторів моделі МТЗ-1221 переважно зумовлені порушенням кінематичної точності й правильності зачеплення шестерень та зубчастих муфт, а також прогресуючим дефектуванням елементів механічних передач, вилок вибору режимів, фіксаторів, підшипникових опор та валів. Головними експлуатаційними ознаками появи зазначених дефектів виступають утруднене або надто туге увімкнення та вимкнення шестерень і муфт під час зміни швидкісних режимів, генерація нехарактерних високочастотних шумів і періодичних стуків, мимовільне вибивання передач під навантаженням, а також надмірний люфт і збільшений вільний хід важеля керування. Наявність виразного металевого скреготу шестерень під час спроби перемикання передач безпосередньо свідчить про порушення регулювальних параметрів механізму керування зчепленням, граничне зношування фрикційних накладок його дисків, або ж про критичне спрацювання гальмівних дисків, деталей гальмівного пристрою вала зчеплення та контактних поверхонь у зоні сполучення вилки із цапфою відводки.

У ситуаціях, коли після проведення стандартного регулювання або комплексної ліквідації дефектів елементів зчеплення металевий скрегіт трансмісії усунути не вдається, виконують додаткове інженерне регулювання механізму керування гальмівним пристроєм. Ця процедура полягає в оптимізації зусилля та досягненні нормативного натягу його пружини, причому у правильно відрегульованому вузлі довжина стиснутої пружини має строго становити від 31 до 32 мм. Якщо зазначений комплекс регулювальних маніпуляцій не забезпечує відновлення працездатності вузла, здійснюють

часткове демонтажне втручання, що передбачає зняття панелі підлоги кабіни трактора та захисної кришки верхнього люка корпусу зчеплення і понижуючого редуктора. Після забезпечення безперешкодного доступу до внутрішніх компонентів трансмісії виконують інструментальне вимірювання поточної товщини фрикційних накладок дисків гальмівного пристрою, а також контролюють величину зазору між цапфами відводки та вилкою ввімкнення.

Ведучий диск гальмівного пристрою первинного вала підлягає обов'язковій заміні у випадку, коли поточна товщина його фрикційних накладок зменшується до критичної межі менше 1,5 мм. Водночас відводка та вилка ввімкнення підлягають дефектуванню й заміні, якщо величина лінійного зазору між ними в місці контакту перевищує нормативне значення 2,2 мм. Для безпосередньої реалізації відновлювальних робіт виконують технологічне роз'єднання та розкочування остова трактора, що передбачає від'єднання корпусу муфти зчеплення від картера коробки перемикання передач. Після цього демонтують кришку механізму керування понижуючим редуктором і за допомогою спеціалізованих технологічних (демонтажних) болтів здійснюють випресовування первинного вала зчеплення, що відкриває безперешкодний доступ для заміни зношеного ведучого диска гальмівного пристрою новим елементом.

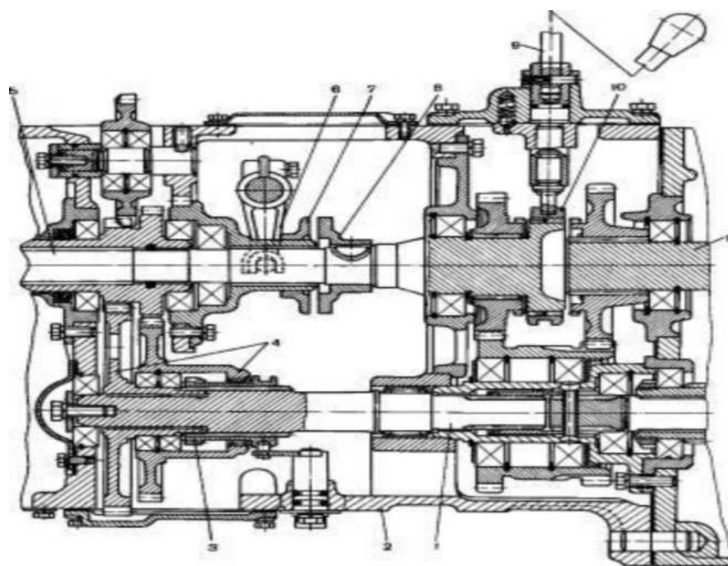


Рис.1.2. Понижуючий редуктор та редуктор валу відбору потужності (ВВП) тракторів класу 1.4

Де під першим номером вказано ведений вал привода вала відбору потужності, під другим - корпус понижуючого редуктора і муфти зчеплення, під третім та десятим - зубчасті муфти, під четвертим - ведені шестерні привода вала відбору потужності, під п'ятим - первинний вал зчеплення, під шостим - вилка ввімкнення, під сьомим - ведучий диск гальмівного пристрою, під восьмим - ведений диск гальмівного пристрою, під дев'ятим - важіль керування понижуючим редуктором, а під одинадцятим - первинний вал коробки перемикавання передач.

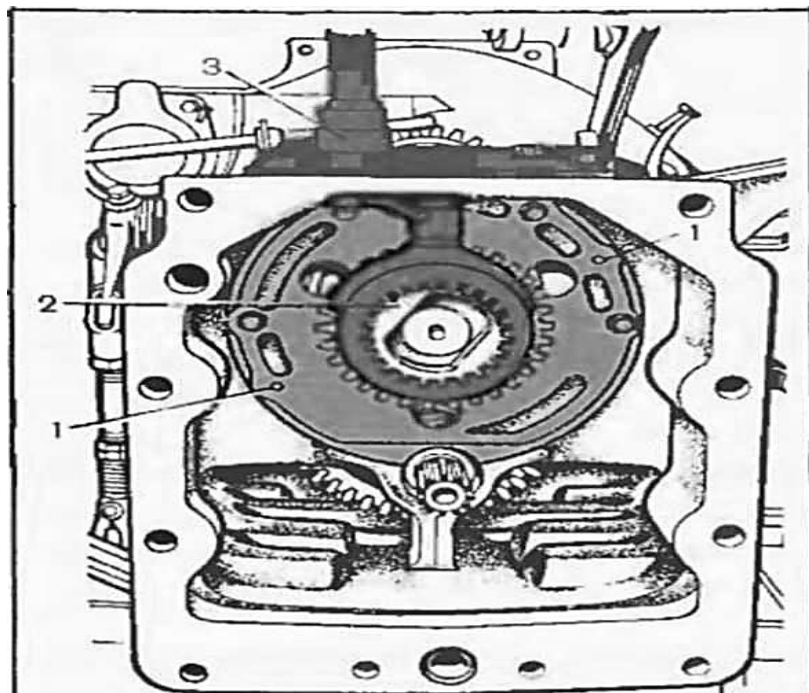


Рис. 1.3. Зняття механізму управління понижуючого редуктором МТЗ і зубчастою муфтою; спрессовка валу зчеплення

1— технологічні болти; 2 — вал зчеплення; 3 — механізм управління

Надмірний вільний хід важеля перемикавання ступенів понижуючого редуктора безпосередньо вказує на критичне механічне спрацювання або деформацію вилки перемикавання чи поверхонь паза зубчастої муфти. Задля проведення діагностичних та відновлювальних маніпуляцій виконують демонтаж панелі підлоги кабіни трактора та знімають захисну кришку механізму керування понижуючим редуктором. На наступному етапі від'єднують вилку, вводять її безпосередньо в робочий паз зубчастої муфти під

номером десять і виконують інструментальне вимірювання величини лінійного зазору між контактними елементами.

Якщо проміжок більше 3 мм, то муфту і вилку замінюють. Щоб замінити зубчасту муфту, розкочують остов і від'єднують корпус зчеплення 2 від коробки передач.

Великий вільний хід важеля перемикавання передач, неповний вихід шестерень із зачеплення, мимовільне виключення передач свідчать про знос поверхонь тертя вилок перемикавання куліси 12, пазів ковзаючих кареток 13, вилки, втраті пружності пружин фіксаторів 9.

Після зняття механізму перемикавання перевіряють, чи є вироблення на наконечнику 11 важеля перемикавання передач, товщину щік вилок 14, ширину їх зіву, проміжок між планками перемикавання, керуючись технічними вимогами таблиці допустимих розмірів деталей механізму перемикавання передач.

Якщо видно сліди зносу на наконечнику важеля, його замінюють. Вилки замінюють при товщині щік менше 8,2 мм. Проміжок між планками перемикавання повинен знаходитися в межах 0,3...1,6 мм.

У ситуаціях, коли збої у функціонуванні коробки перемикавання передач тракторів МТЗ виникають безпосередньо під час увімкнення або вимкнення першої передачі та заднього ходу, здійснюють демонтаж бічної кришки картера з наступним вилученням вилки перемикавання. За наявності виражених слідів зносу та якщо інструментально виміряна товщина щік вилки становить менше 8,0 мм, вилку першої передачі та заднього ходу піддають обов'язковій заміні. Одночасно з цим проводять оцінку технічного стану та ступеня зносу рухомих сполучень між вилками перемикавання та ковзними каретками, для чого демонтовані вилки поодиночі встановлюють у відповідні технологічні пази ковзних кареток і контролюють величину лінійного зазору між ними. Якщо виявлений зазор перевищує гранично допустиме значення 1,5 мм, вилку замінюють новою, а саму блок-шестерню дефектують і замінюють у разі збільшення ширини її паза понад 10,8 мм.

Генерація сторонніх динамічних шумів у коробці передач тракторів МТЗ-80 і МТЗ-82, що супроводжується інтенсивним локальним нагріванням окремих зон корпусу, однозначно вказує на руйнування, критичний знос або заклинювання підшипникових опор валів. Для ідентифікації та подальшої ліквідації цих дефектів із картера коробки передач повністю зливають трансмісійну оливу, демонтують панель підлоги кабіни, кришку коробки передач, а також, залежно від конструктивної потреби, бічні кришки або роздавальну коробку. Після забезпечення візуального доступу за допомогою монтажної лопатки здійснюють провертання всіх доступних валів, прикладаючи до них знакозмінні зусилля в осьовому та радіальному напрямках. При цьому зовнішні та внутрішні обойми підшипників кочення повинні зберігати абсолютну статичність у своїх посадкових гніздах, а будь-які відчутні люфти або просторові переміщення валів мають бути повністю відсутні. У разі виявлення ознак руйнування тіл кочення, зносу бігових доріжок або провертання підшипників у гніздах картера, коробку перемикавання передач демонтують із трактора і розбирають із залученням спеціалізованих гвинтових чи гідравлічних знімачів задля заміни дефектних елементів новими підшипниками.

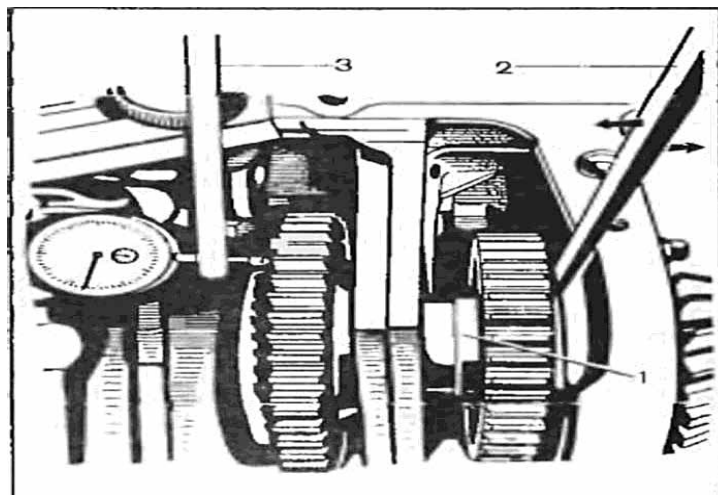


Рис. 1.4. Перевірка осьового проміжку в підшипниках вторинного валу трактора МТЗ

1 — вторинний вал; 2 — монтажна лопатка; 3 — індикатор.

За умови, коли первинний візуальний та органолептичний контроль не виявив відчутних вручну люфтів, виконують точне інструментальне вимірювання осьового зазору в підшипникових опорах вторинного вала за допомогою індикатора годинникового типу. Для реалізації цієї діагностичної процедури вимірювальний наконечник (ніжку) індикатора позиціонують з упором у торець зуба відповідної шестерні, після чого за допомогою монтажної лопатки здійснюють примусове зміщення вторинного вала в осьовому напрямку. Нормативна величина осьового зазору в конічних роликотопідшипниках вторинного вала обмежена і не повинна перевищувати 0,3 мм. Під час аналізу отриманих даних необхідно враховувати, що надмірне осьове переміщення може бути наслідком не лише фізичного зносу робочих поверхонь підшипників, а й результатом самовільного відкручування або послаблення гайки кріплення вторинного вала. З огляду на це, першочергово контролюють надійність стопоріння та ступінь затягування зазначеного нарізного з'єднання.

Для безпосереднього регулювання та оптимізації осьового зазору в конічних підшипниках вторинного вала здійснюють роз'єднання картера коробки перемикання передач і корпусу заднього моста. Далі викручують кріпильні болти та виконують акуратне випресовування стакана підшипника вторинного вала з його посадкового гнізда. Регулювання та повне усунення позанормативного осьового люфту вала реалізують шляхом підбору та підгонки сумарної товщини пакета регулювальних металевих прокладок.

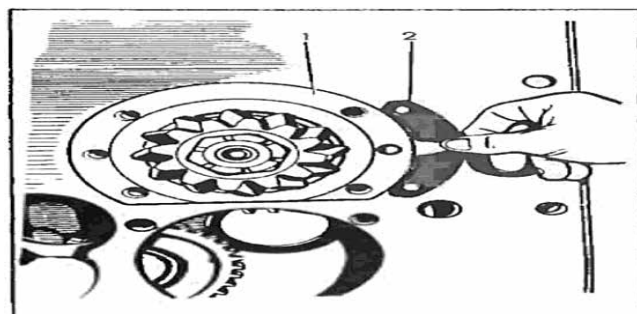


Рис. 1.5. Регулювання осьового проміжку трактора МТЗ в підшипниках вторинного вала. 1 —склянка підшипника вторинного вала; 2 — регулювальні прокладення

Ступінь попереднього затягування конічних роликотітшипників контролюють за допомогою динамометричного ключа, виконуючи вимірювання за умов повної деактивації всіх передач (у нейтральному положенні). Величина крутного моменту, необхідного для рівномірного провертання вторинного вала за умови коректного регулювання підшипникових опор, повинна строго знаходитися в межах від 7 Нм до 8 Нм. Після успішного завершення регулювання осьового зазору здійснюють перевірку та, за наявності технічної потреби, коригування монтажної висоти ведучої шестерні головної передачі. Для реалізації цієї метрологічної операції до торцевої поверхні ведучої шестерні прикладають калібровану планку еталонної товщини, після чого проводять лінійні заміри за допомогою штангенглибиноміра або штангенциркуля. Отримане значення монтажної висоти має перебувати в нормативному діапазоні від 57,85 мм до 58,15 мм. У разі виявлення відхилень від допустимих параметрів ведучу шестерню демонтують і шляхом прецизійного шліфування наявної регулювальної втулки або заміни її на нову втулку збільшеної товщини забезпечують досягнення регламентованої проектною документацією монтажної висоти вузла.

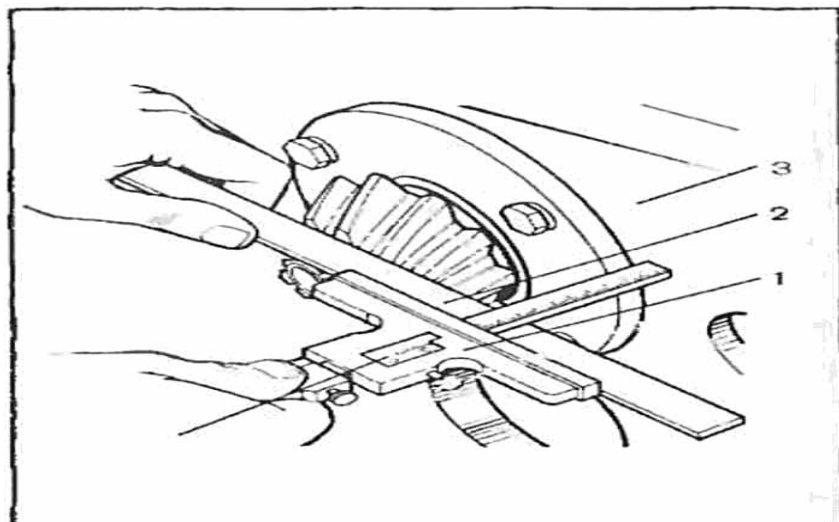


Рис. 1.6. Перевірка настановної висоти провідної шестерні головної передачі

1— штангенглибиномір; 2 — лінійка; 3 — коробка передач

Періодичні стуки в коробці перемикання передач трактора, які повністю зникають під час переходу на інший швидкісний режим, переважно свідчать про втомне руйнування, сколювання або локальне викришування (пітінг) робочих поверхонь зубів окремих шестерень. Провести візуальну оцінку ступеня спрацювання та ідентифікувати дефекти зубчастих зачеплень можна після демонтажу кришок коробки передач і зняття роздавальної коробки. Для оптимізації цього діагностичного процесу рекомендується вивісити за допомогою підйомного механізму одне з ведучих коліс трактора і, примусово провертаючи його вручну, послідовно оглянути стан зубів усіх доступних для огляду шестерень. У разі виявлення критичних пошкоджень або деформацій зачеплень коробку передач демонтують, розбирають та здійснюють заміну дефектних вузлів новими компонентами.

До базових несправностей роздавальної коробки тракторів належать механічне спрацювання робочих поверхонь обгінної муфти чи її роликів, втрата пружних властивостей притискних пружин, а також геометричний знос щік вилки ввімкнення муфти. Якщо під час буксування задніх ведучих коліс не відбувається автоматичної активації переднього ведучого моста, це однозначно вказує на втрату працездатності обгінної муфти роздавальної коробки. Задля точного визначення характеру несправностей роздавальну коробку піддають повному декомпозиційному розбиранню, після чого виконують прецизійні інструментальні заміри діаметрів посадкових та робочих поверхностей.

Зокрема, втулку обгінної муфти та суміжну шестерню піддають обов'язковій заміні, якщо лінійний знос їхніх робочих поверхонь під ролики досягає граничних розмірів 78,98 мм та 109,75 мм відповідно. Водночас про позанормативний знос вилки привода зубчастої муфти роздавальної коробки свідчить неможливість змусованого примусового блокування та ввімкнення переднього ведучого моста. У такому випадку вилку демонтують для проведення дефектації, під час якої контролюють товщину її щік. Цей показник не повинен бути меншим за допустиму інженерну межу 8,4 мм,

інакше деталь підлягає утилізації та заміні новою або капітально відремонтованою.

1.4 Демонтаж і ремонт коробки передач трактора тягового класу 1.4

Надмірний вільний хід важеля керування коробкою передач, неповний вихід шестерень із зачеплення, а також самовільне вимкнення передач під навантаженням безпосередньо свідчать про прогресуючий механічний знос контактних поверхностей тертя вилок перемикавання, елементів лаштунків (куліси) та робочих пазів ковзних кареток. Окрім цього, перелічені симптоми втрати працездатності трансмісійного вузла можуть бути наслідком втомної деградації металу та супутньої втрати пружних властивостей притискних пружин фіксаторів механізму вибору передач (рис. 1.7).

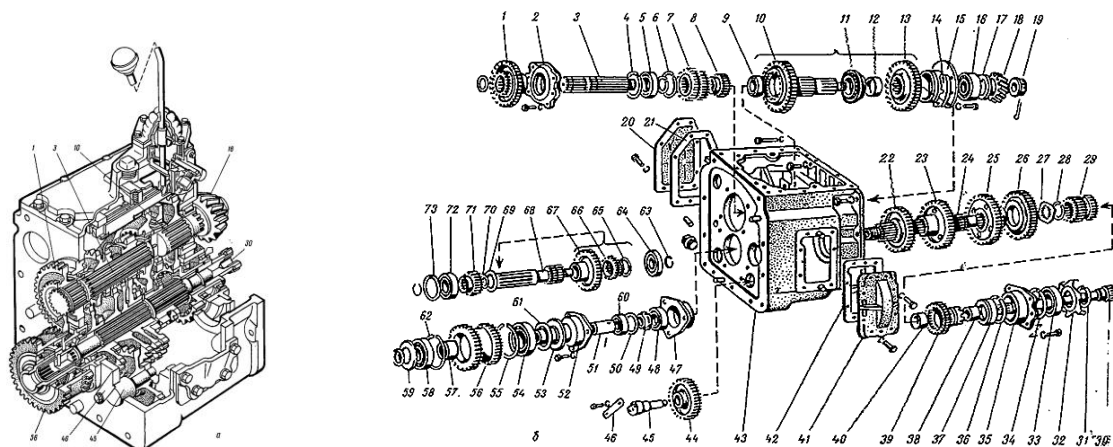


Рис. 1.7. Коробка перемикавання передач у розрізі (а) та схему взаємного розташування її деталей (б).

Специфікація основних елементів трансмісії: 1 - ведена шестерня знижувального редуктора; 2 - стакан первинного вала; 3 - первинний вал; 4, 6, 31, 34, 36, 50, 55, 62, 63, 65, 70, 73 - кільця; 5, 9, 11, 16, 33, 37, 48, 54, 58, 60, 64, 72 - підшипники; 7 - ковзна шестерня IV і V передач; 8 - ковзна шестерня III передач; 10 - вторинний вал; 12 - розпірна втулка; 13 - ведена шестерня II ступеня редуктора; 14 - регульовальна прокладка; 15 - стакан; 17, 27 - шайби; 18 - шестерня; 19 - корончаста гайка; 20, 41 - кришки; 21, 42 - прокладки; 22 -

ведена шестерня V передачі і заднього ходу; 23 - ведена шестерня IV передачі; 24 - проміжний вал; 25 - ведена шестерня III передачі; 26 - проміжна шестерня; 28 - упор; 29 - ведуча шестерня I ступеня редуктора; 30 - внутрішній вал; 32 - крильчатка; 35 - стакан ведучої шестерні II ступеня редуктора; 38, 52 - гнізда; 39 - ведуча шестерня II ступеня редуктора з втулкою; 40, 51, 57 - втулки; 43 - корпус КПП; 44 - проміжна шестерня заднього ходу; 45 - вісь проміжної шестерні заднього ходу; 46 - планка; 47 - гніздо підшипника; 49 - гайка проміжного вала; 53 - заглушка; 56 - проміжна шестерня знижувального редуктора; 59, 61 - мастиловідбивні шайби; 66 - ведена шестерня ввімкнення ходозменшувача; 67 - ведена шестерня I передачі і заднього ходу з втулкою; 68 - вал I передачі і заднього ходу; 69 - згорнута втулка; 71 - ковзна шестерня I передачі і заднього ходу.

За наявності збоїв безпосередньо під час увімкнення або вимкнення першої передачі та заднього ходу здійснюють демонтаж бічної кришки картера з наступним вилученням вилки перемикавання. За умов фіксації явних ознак спрацювання та якщо товщина щік вилки становить менше 8,0 мм, вилку першої передачі та заднього ходу замінюють новою. Одночасно проводять контроль технічного стану рухомих сполучень між вилками перемикавання та ковзними каретками, для чого демонтовані вилки по черзі встановлюють у відповідні технологічні пази ковзних кареток і вимірюють величину лінійного зазору між ними. За умови, що виявлений зазор перевищує гранично допустиму межу 1,5 мм, вилку піддають заміні, а саму блок-шестерню дефектують і замінюють у разі збільшення ширини її паза понад 10,8 мм. Генерація сторонніх динамічних шумів у коробці перемикавання передач, яка супроводжується інтенсивним локальним нагріванням окремих зон корпусу, вказує на руйнування або заклинювання підшипникових опор валів. Для ідентифікації та подальшої ліквідації цих дефектів із картера повністю зливають трансмісійну оливу, демонтують панель підлоги кабіни, кришку коробки передач, а за наявності конструктивної потреби — бічні кришки або роздавальну коробку. Після забезпечення безперешкодного доступу за

допомогою монтажною лопатки здійснюють провертання всіх доступних валів, прикладаючи до них знакозмінні зусилля в осьовому та радіальному напрямках. Під час такої перевірки зовнішні та внутрішні обойми підшипників повинні зберігати абсолютну статичність у своїх посадкових гніздах, а будь-які відчутні просторові переміщення валів мають бути повністю відсутні. У разі виявлення ознак зносу підшипників кочення, деградації їхніх посадкових поверхонь або легко відчутних люфт-переміщень валів коробку передач демонтують із трактора, повністю розбирають та замінюють зношені опорні вузли.

Періодичні стуки в коробці передач, які повністю зникають під час переходу на інший швидкісний режим, свідчать про втомне руйнування, сколювання або локальне викришування робочих поверхонь зубів окремих шестерень. Провести візуальну оцінку ступеня зносу або виявити приховані дефекти зачеплень можна після зняття кришок коробки передач та роздавальної коробки. Для оптимізації цього діагностичного процесу рекомендується вивісити за допомогою підйомного механізму одне з ведучих коліс трактора і, примусово провертаючи його, послідовно оглянути стан зубів усіх видимих шестерень. За умов фіксації критичних пошкоджень коробку передач розбирають у суворій послідовності, наведеній на схемах від рисунка 1.8 до рисунка 1.36, після чого дефектні деталі замінюють.

Після демонтажу механізму вибору передач відповідно до схеми на рисунку 1.8 перевіряють наявність слідів механічного спрацювання на робочому наконечнику важеля перемикавання, а також здійснюють інструментальний контроль геометричних параметрів деталей, зокрема товщини щік вилок та зазору між планами перемикавання згідно з рисунком 1.38. За наявності вираженого спрацювання контактних поверхонь на наконечнику важіль керування підлягає обов'язковій заміні. Вилки механізму вилучають та утилізують, якщо товщина їхніх щік у місці виміру становить менше 8,2 мм. Водночас лінійний зазор між суміжними планками перемикавання

у відрегульованому та справному вузлі повинен строго знаходитися в нормативних інженерних межах від 0,3 мм до 1,6 мм.

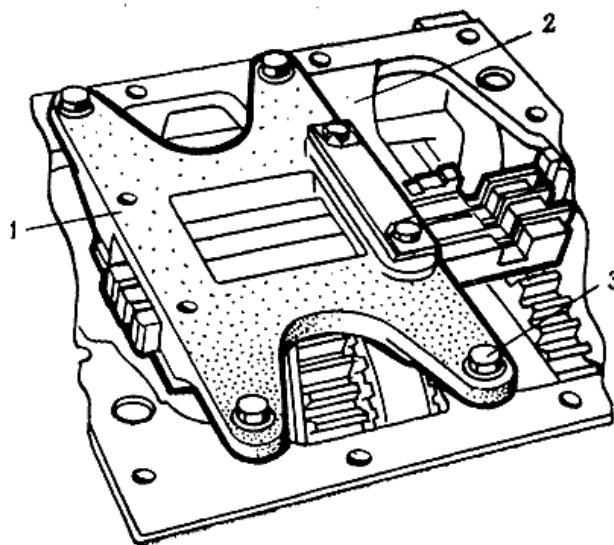


Рис. 1.8. Зняття механізму перемикання передач :

- 1 — корпус вилок перемикання;
- 2 — корпус коробки передач;
- 3 — болт

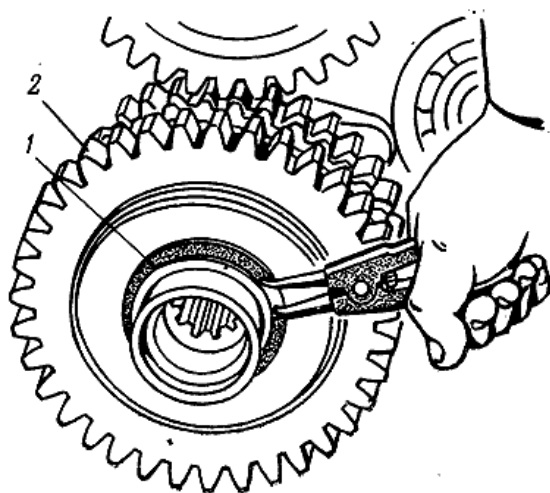


Рис. 1.9. Зняття стопорного кільця Проміжної шестерні знижуючого редуктора :

- 1- стопорне кільце;
- 2 — проміжна шестерня

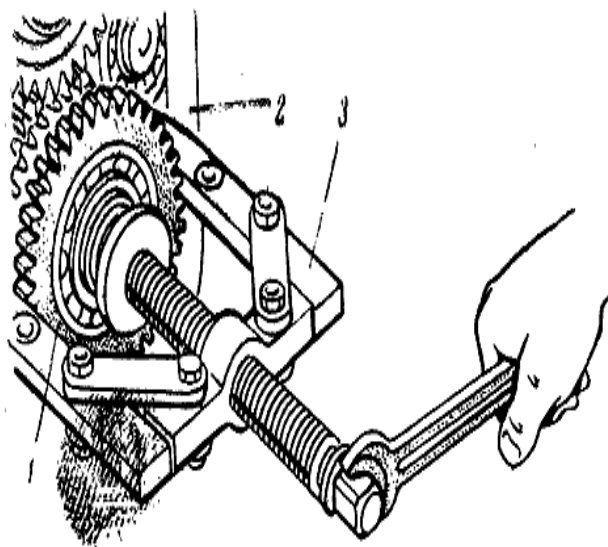


Рис. 1.10. Випресовка проміжної шестерні знижуючого редуктора :

- 1 — шестерня;
- 2 — корпус коробки передач;
- 3 — знімач

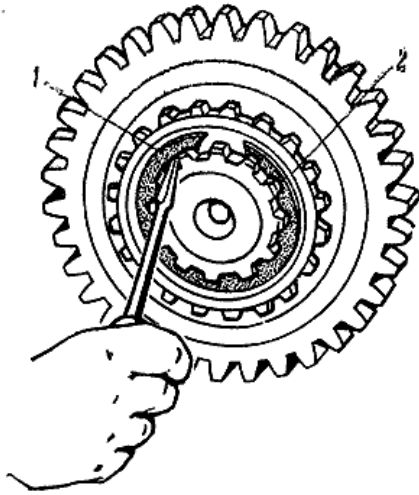


Рис. 1.11. Зняття стопорного кільця веденої шестерні знижуючого редуктора :

1 — стопорне кільце;

2 — ведена шестерня

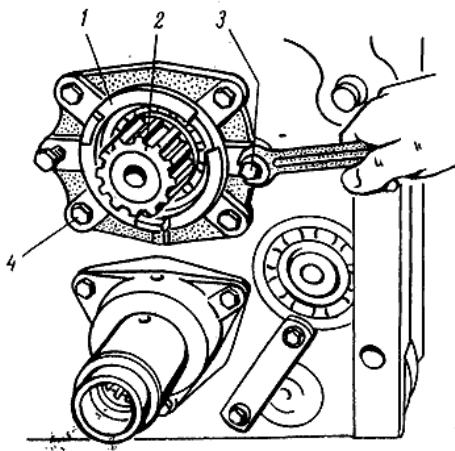


Рис.1.12. Випресовка склянки первинного валу :

1 — склянка первинного валу;

2 — первинний вал;

3 — технологічний болт;

4 — болт

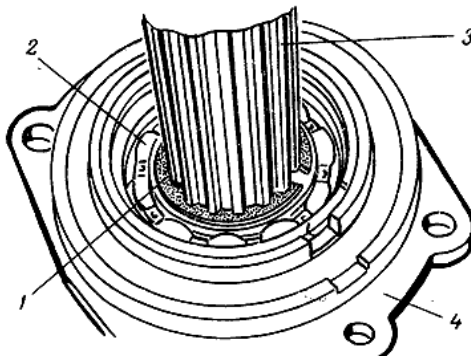


Рис. 1.13. Зняття стопорного кільця підшипника первинного валу :

1 — стопорне кільце;

2 — підшипник;

3 — первинний вал;

4 — склянка первинного валу

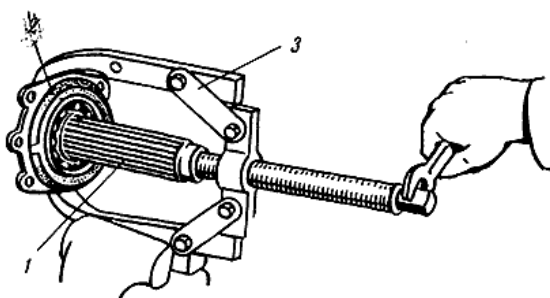


Рис. 1.14. Випресовка первинного валу :

1 — первинний вал;

2 — склянка;

3 — знімач

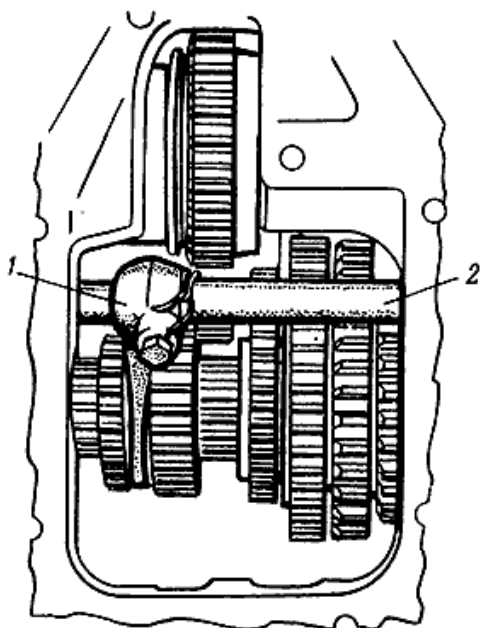


Рис. 1.15. Зняття вилки перемикання редуктора :
1 — вилка перемикання;
2 — валик перемикання

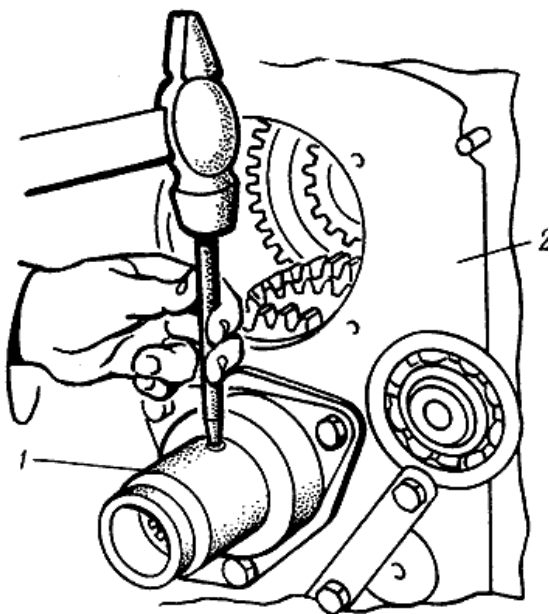


Рис 1.16. Випресовка пружинного штифта внутрішнього валу :
1 — гніздо внутрішнього валу;
2 — корпус коробки передач

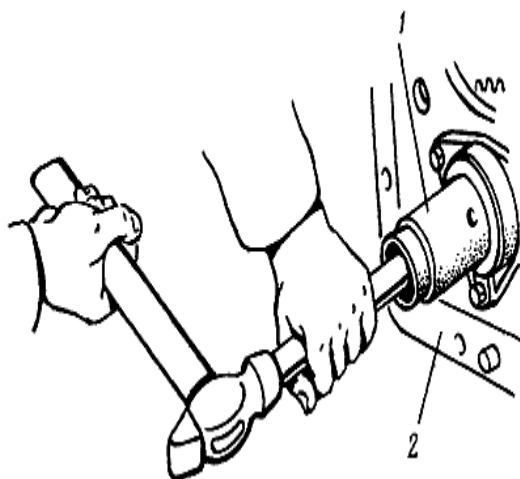


Рис. 1.17. Випресовка внутрішнього валу :
1 — гніздо внутрішнього валу;
2 — корпус коробки передач

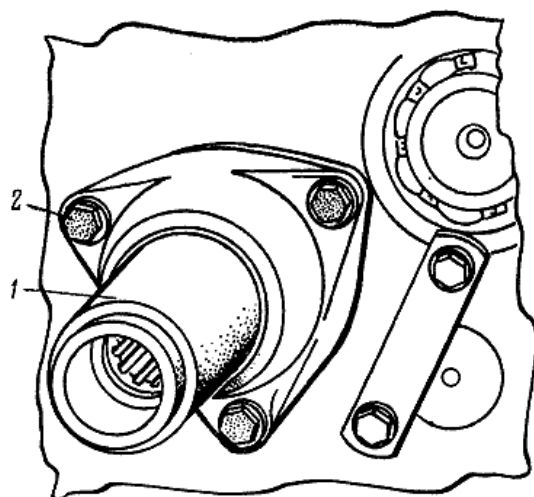


Рис. 1.18. Зняття гнізда внутрішнього валу і заміна шліцьової втулки :

1 — гніздо внутрішнього валу;
2 — болт

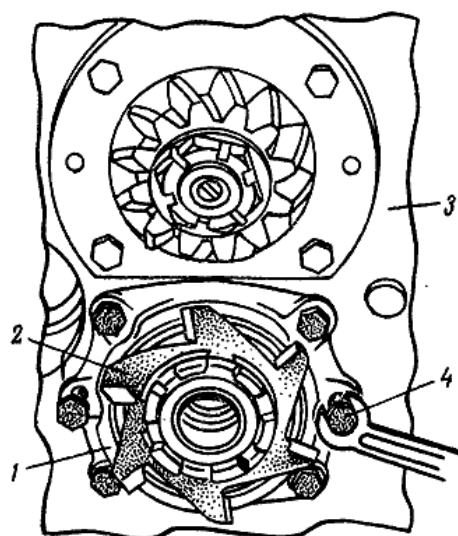


Рис. 1.19. Випресовка склянки підшипника провідної шестерні II ступеня редуктора :

1 — склянка;
2 — крильчатка;
3 — корпус коробки передач;
4 — технологічний болт

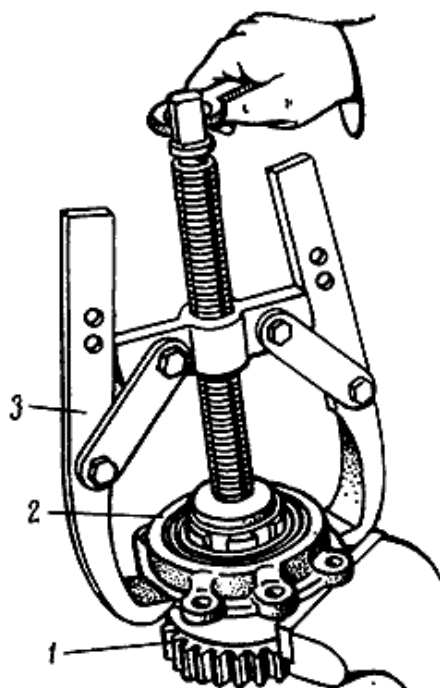


Рис. 1.20. Випресовка провідної шестерні II ступеня редуктора із склянки:

1 — шестерня;
2 — склянка;
3 — знімач

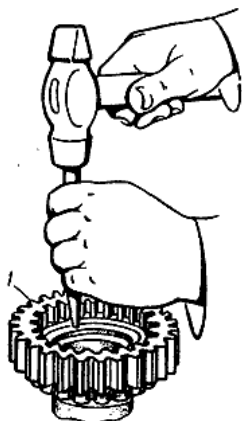


Рис. 1.21. Випресовка підшипника провідної шестерні II ступеня редуктора :

1 — провідна шестерня

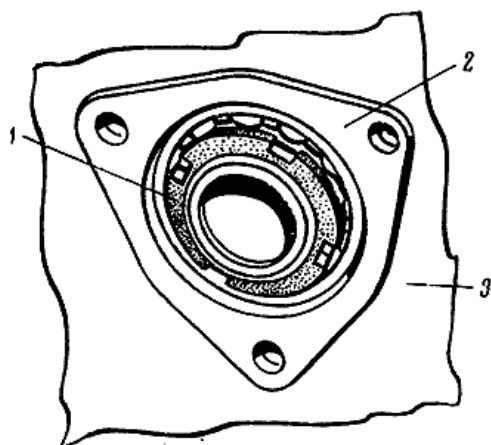


Рис. 1.22. Відвертання гайки кріплення внутрішнього валу :

1 — гайка;

2 — гніздо підшипника;

3 — корпус коробки передач

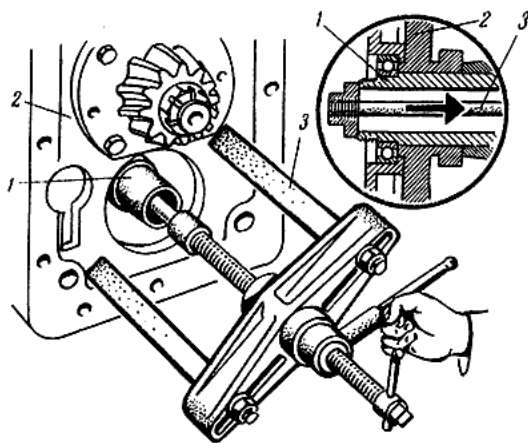


Рис. 1.23. Випресовка проміжного валу :

1 — проміжний вал;

2 — корпус коробки передач;

3 — знімач

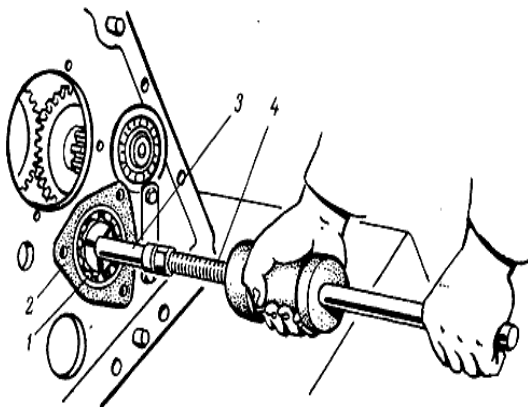


Рис. 1.24. Випресовка підшипника проміжного валу :

1 — підшипник;

2 — гніздо підшипника;

3 — цанга;

4 — інерційний знімач

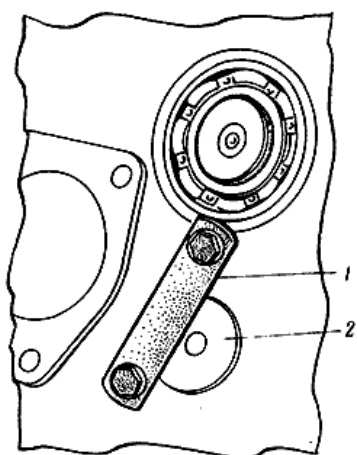


Рис. 1.25. Зняття стопорної планки осі проміжної шестерні :

1 — стопорна планка;

2 — вісь проміжної шестерні

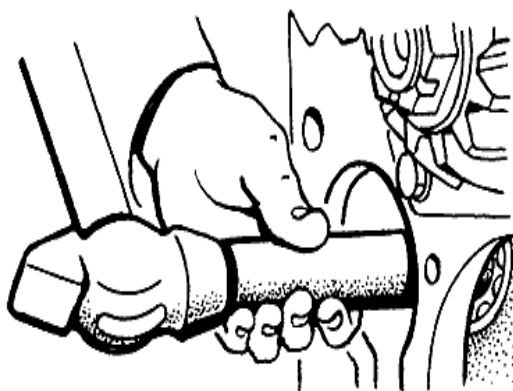


Рис.1.26. Випресовка валу I передачі і заднього ходу

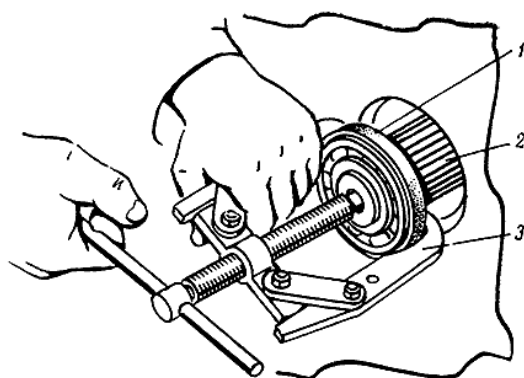


Рис. 1.27. Спресовка підшипника з валу I передачі і заднього ходу :

1 — підшипник;

2 — вал I передачі і заднього ходу;

3 — знімач

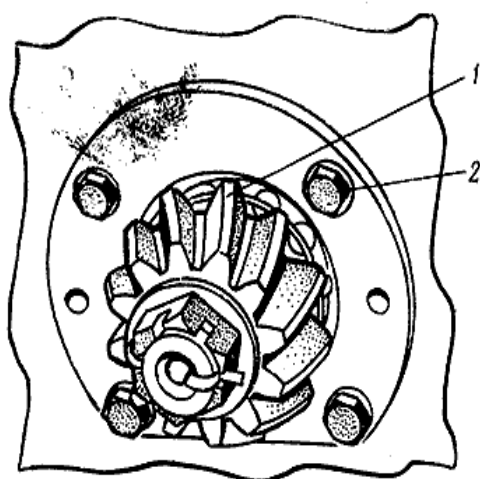


Рис. 1.28. Зняття провідної шестерні головної передачі;

1 — провідна шестерня;

2 — болт

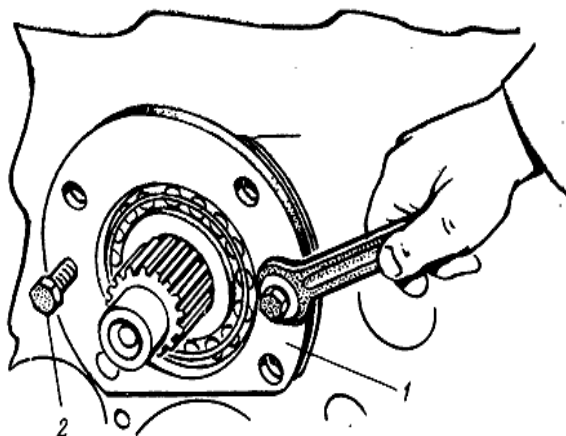


Рис. 1.29. Випресовка склянки підшипника вторинного валу :

1 — склянка підшипника;

2 — технологічний болт

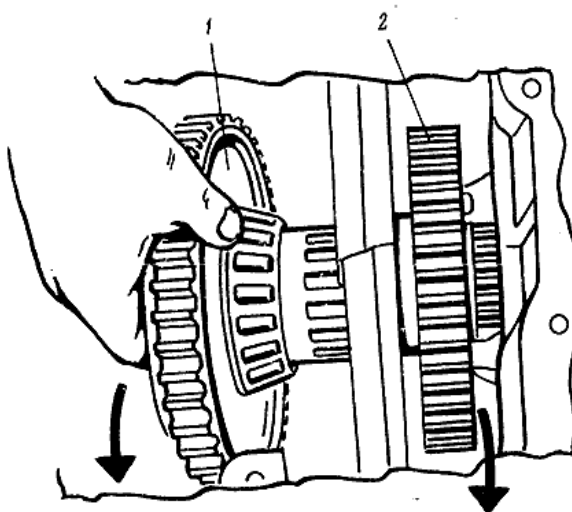


Рис. 1.30. Зняття вторинного валу :

1 — вторинний вал;

2 — ведена шестерня II ступеня редуктора

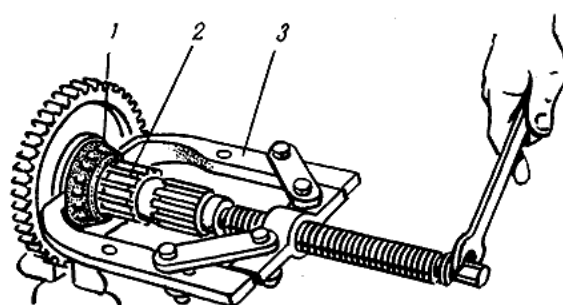


Рис. 1.31. Спресовка внутрішньої обойми підшипника з вторинного валу:

1 — внутрішня обойма;

2 — вторинний вал;

3 — знімач

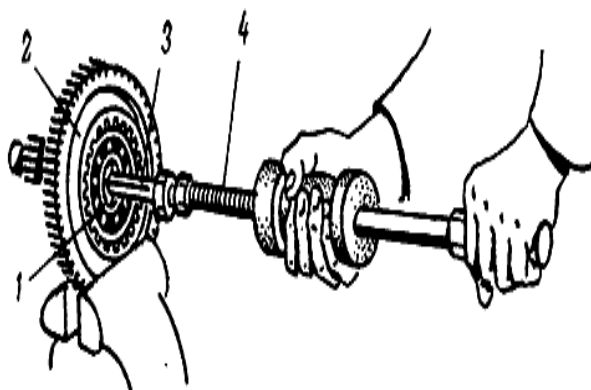


Рис. 1.32. Випресовка підшипника з вторинного валу;

1 — підшипник;

2 — вторинний вал;

3 — цанга;

4 — інерційний знімач

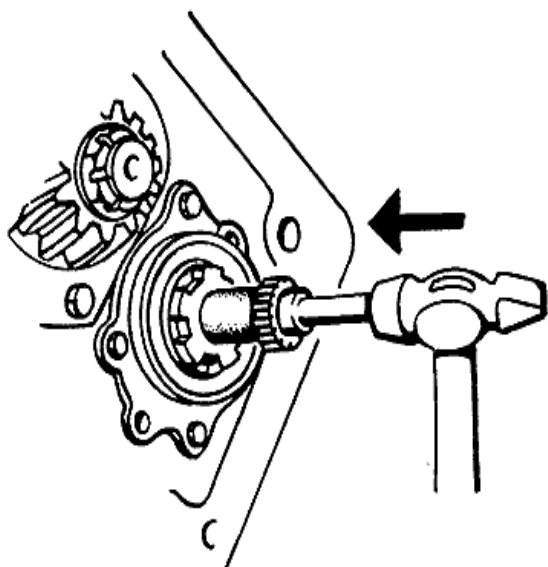


Рис. 1.33 Запрессовка внутрішнього валу в корпус

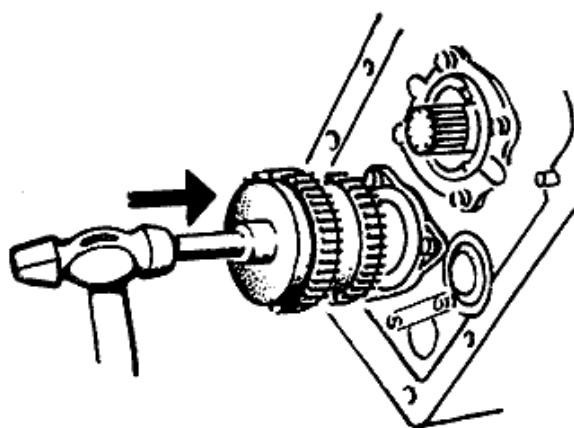


Рис. 1.34. Напрессовка проміжної шестерні знижуючого редуктора

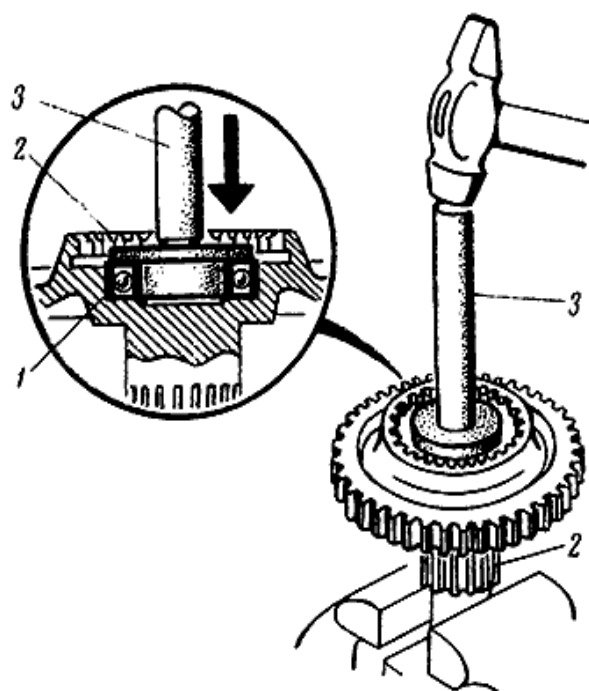


Рис. 1.35. Запрессовка підшипника у вторинний вал:

- 1 — підшипник;
- 2 — вторинний вал;
- 3 — наставка

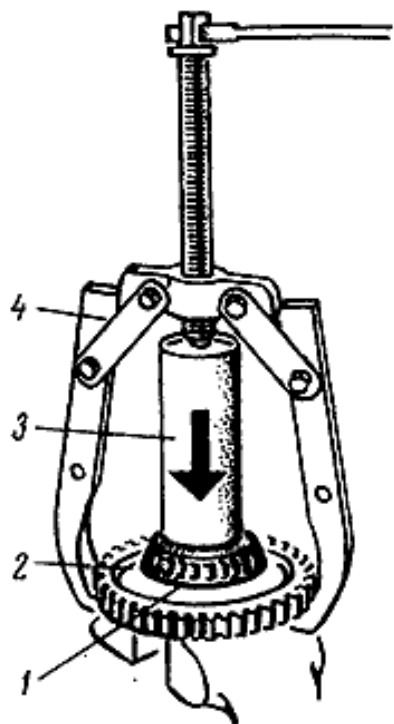


Рис. 1.36. Напрессовка внутрішньої обойми конічного підшипника на вторинний вал:

- 1 — внутрішня обойма підшипника;
- 2 — вторинний вал;
- 3 — наставка;
- 4 — знімач

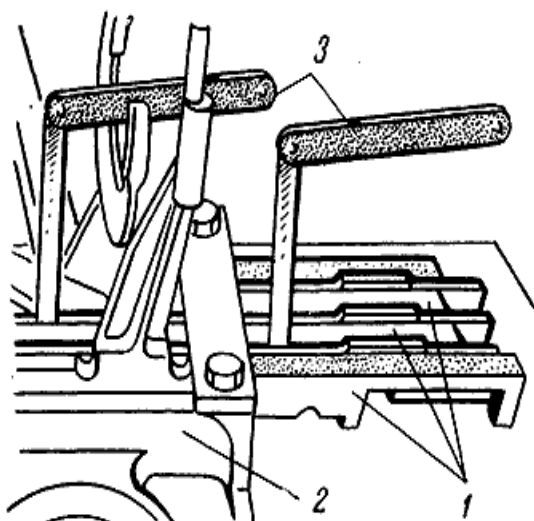


Рис. 1.37. Перевірка бічного проміжку між планками перемикавання передач :

- 1 — планки перемикавання;
- 2 — корпус вилок перемикавання;
- 3 — щупи

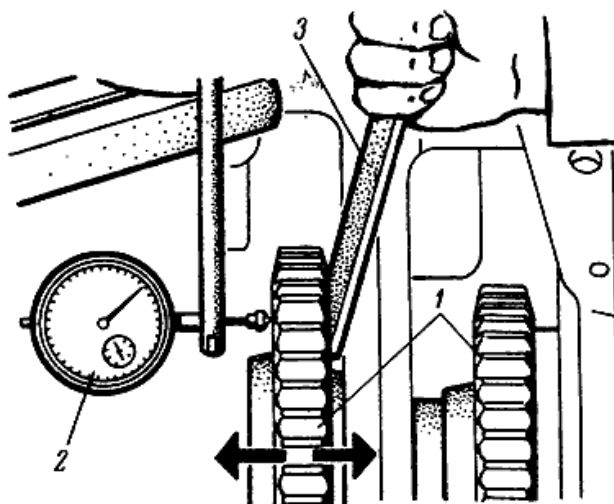


Рис. 1.38. Перевірка осьового проміжку в підшипниках вторинного валу :

- 1 — вторинний вал;
- 2 — індикатор;
- 3 — монтажний ломик;
- 4 — корпус коробки передач

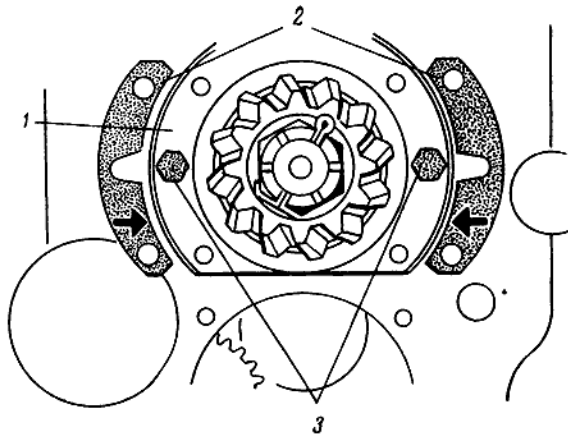


Рис.1.39. Регулювання осьового проміжку в підшипниках вторинного валу :

1 — склянка вторинного валу
2 — регулювальні прокладення;
3 — технологічні болти

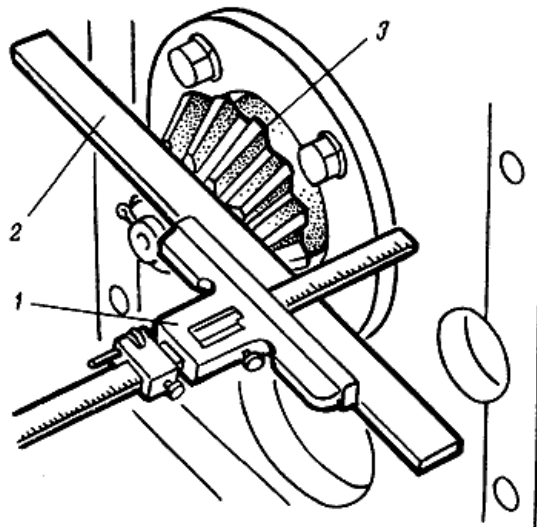


Рис.1.40. Перевірка настановної висоти провідної шестерні головної передачі :

1 — штангенглубиномер;
2 — лінійка;
3 — провідна шестерня

Таблиця 1.1 Допустимі розміри деталей механізму перемикавання передач, мм

Діаметр валика механізму перемикавання передач....	23,85
Діаметр сферичного наконечника важеля перемикавання передач	13,75
Діаметр отвору вилки перемикавання під валик	24,09
Діаметр пазів у валику перемикавання під фіксатори	11,5
Товщина щік вилок перемикавання	9,3
Ширина кільцевого паза ковзаючої шестерні під вилку перемикавання	9,1

Величина осьового зазору в підшипникових опорах вторинного вала підлягає інструментальному контролю за допомогою індикатора годинникового типу. Для реалізації цієї метрологічної операції

вимірювальний наконечник індикатора позиціонують з упором у торцеву поверхню зуба шестерні, після чого за допомогою монтажної лопатки здійснюють примусове зміщення вторинного вала в осьовому напрямку відповідно до схеми на рисунку 1.38. Величина осьового зазору в конічних роликотпідшипниках вторинного вала обмежена технологічним регламентом і не повинна перевищувати 0,3 мм. Під час аналізу діагностичних даних необхідно враховувати, що надмірне осьове переміщення може виникнути не лише внаслідок природного фізичного зносу робочих поверхонь підшипників, а й через самовільне відкручування чи послаблення гайки кріплення вторинного вала. Задля регулювання осьового зазору та відновлення номінальних параметрів спряження викручують кріпильні болти і виконують випресовування стакана підшипника вторинного вала з його посадкового гнізда. Коригування та повне усунення позанормативного осьового люфту вала здійснюють шляхом підбору та зміни сумарної товщини пакета регулювальних металевих прокладок згідно з рисунком 1.39.

Після успішного завершення регулювання осьового зазору в підшипникових вузлах обов'язково проводять перевірку монтажної висоти ведучої шестерні головної передачі відповідно до рисунка 1.40. Отримане за результатами замірів значення має строго перебувати в нормативному інженерному діапазоні від 57,85 мм до 58,15 мм. Якщо результати лінійних вимірювань відрізняються від допустимих технічними умовами значень, ведучу шестерню демонтують і шляхом прецизійного шліфування наявної регулювальної втулки або монтажу нової втулки збільшеної товщини забезпечують досягнення регламентованої проектною документацією монтажної висоти ведучої шестерні головної передачі.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ КОРОБКИ ПЕРЕМІННИХ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА КЛАСУ 1.4

2.1 Технологічний процес ремонту коробок передач тракторів

Основні несправності коробки передач, що вимагають ремонту - не вмикається або не вимикається передача, при роботі вибиває передачу, перегрівається масло в КПП, утруднено виключення і включення передач, в КПП при роботі чутні характерні стуки і шуми.

В процесі виконання роботи ми розробили послідовність ремонту КПП.

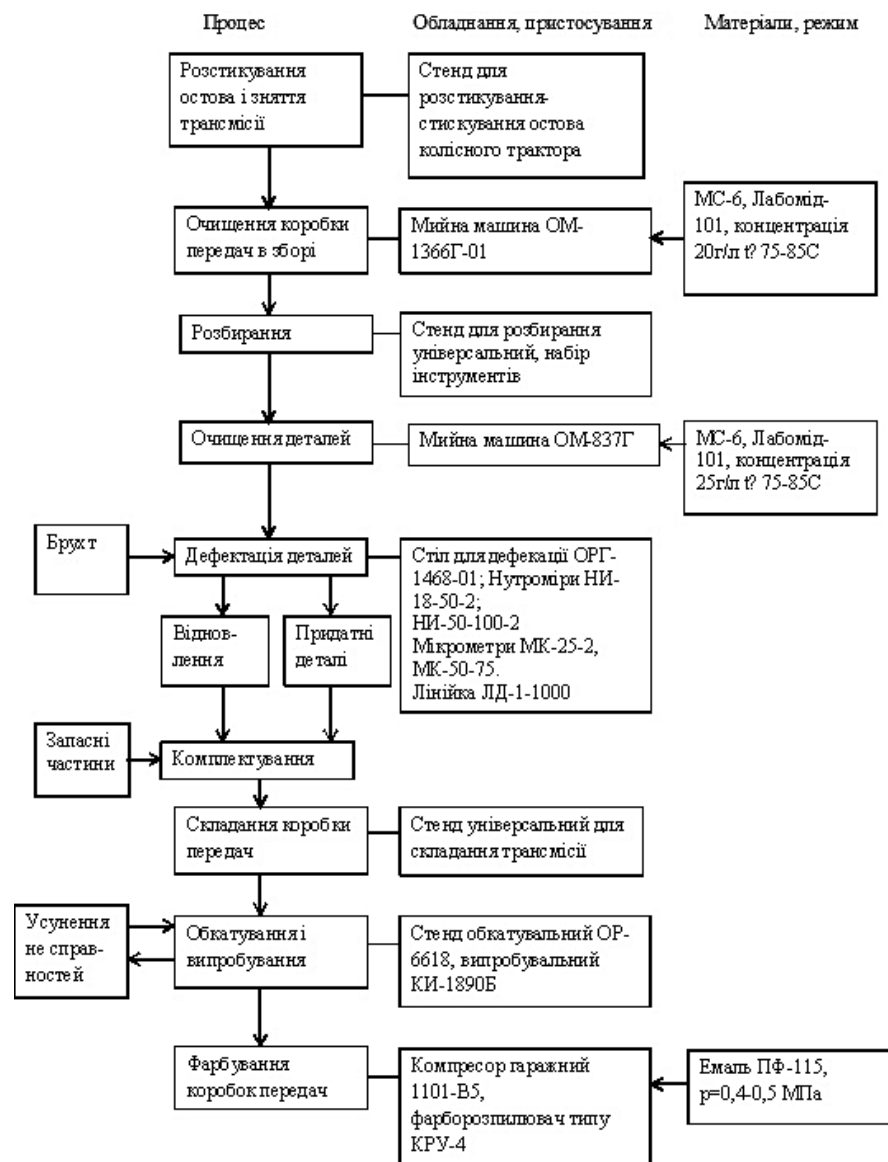


Рис.2.1. Схема послідовності ремонту коробки переміни передач

Зазначена технологічна послідовність ремонтного циклу забезпечує найвищу ефективність регенерації пошкоджених і зношених поверхонь деталей коробки перемикання передач. За умови, коли лінійний знос посадкових гнізд корпусу КПП під підшипникові опори перевищує 0,5 мм, а величина зазору в спряженні між картером і гніздом підшипника становить понад 0,1 мм, відновлення геометричних параметрів отворів виконують методом гальванічного залізнення (електролітичного сталювання) або застосуванням епоксидного компаунда з наступним прецизійним розточуванням під номінальний розмір. Зношені технологічні отвори під фіксувальні штифти та осі розточують на координатно-розточувальних верстатах під геометричні параметри ремонтних втулок із подальшим запресовуванням цих додаткових деталей у корпус. Пошкоджені або зірвані нарізні ділянки відновлюють шляхом формування (нарізування) різьбового профілю збільшеного ремонтного розміру або монтажем високоміцних спіральних різьбових вставок.

Вали коробки перемикання передач підлягають безумовному бракуванню та утилізації за наявності макроструктурних тріщин, зломів, а також при пластичних деформаціях згину, які не піддаються усуненню відомими методами відновлення. Допустимий вигин вала ліквідують методом холодного правлення на пресах, тоді як лінійний знос посадкових поверхонь під підшипникові опори регенерують за допомогою електродугового наплавлення, наварювання або приварювання сталеві стрічки з наступною фінішною механічною обробкою під номінальний розмір. Пошкоджену нарізь на кінцевих ділянках валів проточують на токарних верстатах з наступним нарізуванням профілю меншого діаметра під відповідну гайку, або ж повністю наплавляють і нарізають заново стандартну номінальну нарізь. Шестерні з наскрізними тріщинами, а також за наявності конусоподібного зносу зубів понад 0,05 мм або спрацювання більше 10 мм за довжиною визнаються непридатними та замінюються новими компонентами. У разі виявлення дефектів чи зносу стінок кільцевого паза під вилку перемикання передач, його

геометрію відновлюють розточуванням під збільшений ремонтний розмір. Торцеві робочі поверхні зубів шестерень регенерують наплавленням, а елементи зі зносом зубів за товщиною відновлюють методами пластичної деформації під тиском на спеціалізованому пресовому обладнанні.

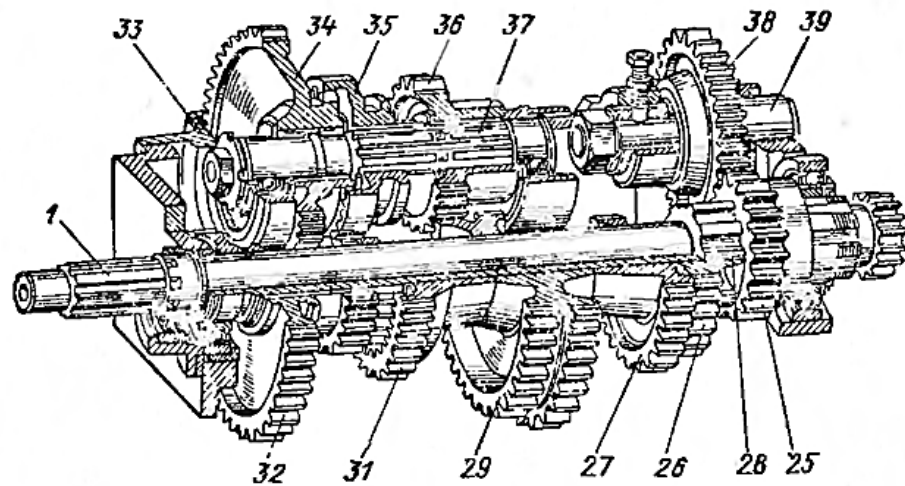


Рис.2.2. Коробка передач (розріз по редуктору)

1-вал приводу ВВП; 25-ведуча шестерня заднього ходу; 26-ведуча шестерня першої передачі; 27-ведуча шестерня третьої передачі; 28-проміжний вал; 29-блок шестерень четвертої і п'ятої передачі; 31-ведуча шестерня другої передачі; 32-ведена шестерня постійного зачеплення; 33-кронштейн редуктора; 34-ведена шестерня редуктора; 35-муфта включення редуктора; 36-ведуча шестерня редуктора; 37-вал редуктора; 38-проміжна шестерня заднього ходу; 39-вісь проміжної шестерні заднього ходу.

Вали коректно складеної коробки перемикання передач повинні обертатися вільно, плавно, без найменших заїдань чи заклинювань. Після завершення збиральних робіт агрегат підлягає обов'язковим стендовим випробуванням в абсолютному робочому режимі спочатку без навантаження, а потім під дією нормативного крутного моменту на кожній передачі. Під час проведення контрольного тестування не допускається виникнення утруднень чи заїдань при зміні швидкісних режимів, поява нехарактерних стуків та шумів у картері, а також витікання (випотніння) трансмісійної оливи чи її критичне

термічне перегрівання. Ремонтна документація, невід'ємною складовою якої виступають розроблені технологічні процеси відновлення вузлів та агрегатів, призначена для комплексної підготовки ремонтного виробництва, безпосереднього проведення відновлювальних робіт та вихідного контролю якості відремонтованих тракторів та їхніх функціональних елементів.

Реалізація ремонтних впливів із чітким дотриманням положень цього документа забезпечує досягнення технічно можливого та економічно доцільного відновлення первинних параметрів і характеристик, які зазнають деструктивних змін під час експлуатації та безпосередньо визначають придатність використання вузлів і агрегатів шасі тракторів за їхнім прямим призначенням. Проектування технологічного процесу ремонту коробок перемикачів передач тракторів здійснено у повній відповідності до вимог міждержавного стандарту ДСТУ 2.602 [17] з суворим дотриманням чинних нормативів ЄСТД, ЄСКД, галузевих стандартів та керівних технічних матеріалів.

Цей технологічний процес ремонту коробок передач розроблений для практичного використання ремонтно-обслуговуючим персоналом, інженерно-технічними працівниками, а також трактористами-механізаторами, які здійснюють безпосереднє відновлення елементів шасі тракторів виробництва Південного машинобудівного заводу. В основу проектування технології покладено раціональну послідовність розбирально-складальних та регулювальних операцій, що дозволяє суттєво підвищити ефективність заміни несправних деталей і складальних одиниць заздалегідь відремонтованими або новими компонентами. У структурі технологічного процесу наведено зведену таблицю монтажних спряжень деталей, які підлягають першочерговій заміні в ході виконання ремонтних робіт. Сама технологія орієнтована на широке застосування агрегатного методу ремонту, який передбачає, що у разі досягнення окремими агрегатами чи вузлами граничного стану або критичного спрацювання здійснюється їхнє оперативне заміщення оборотними чи абсолютно новими складальними одиницями.

2.2. Загальні положення по організації ремонту коробок перемінних передач

Ремонт шасі тракторів та їх складових частин здійснюється у відповідності з прийнятим технологічним процесом.

Трактор, який направляється на ремонтне підприємство, підлягає обов'язковому попередньому очищенню від шару бруду, пилу та залишків рослинної біомаси. Висока якість підготовки машини та її компонентів забезпечується за рахунок двоетапної схеми: первинного зовнішнього миття техніки перед початком розбиральних робіт і наступного очищення демонтованих деталей у спеціалізованих мийних установках із суворим дотриманням встановлених температурних та хімічних режимів. Конкретний зміст, структура та обсяги необхідного ремонтного втручання визначаються виключно на основі об'єктивних результатів комплексного діагностування поточного технічного стану як трактора в цілому, так і його окремих вузлів та трансмісійних агрегатів.

Процес розбирання шасі на окремі конструктивні вузли, а також подальшу декомпозицію самих агрегатів на деталі слід виконувати у суворій хронологічній послідовності, регламентованій картами технологічного процесу. Усі розбиральні маніпуляції мають реалізовуватися на спеціально обладнаних робочих місцях із застосуванням передбаченого технологічною документацією підйомно-транспортного оснащення, стендів та сертифікованого інструменту. Наведені в інженерній технології вказівки охоплюють розбирання всіх функціональних елементів трактора, проте це не передбачає обов'язкового повного розбирання кожної системи. Технічно необґрунтоване та надмірне розбирання вузлів призводить до порушення природного взаємного припрацювання пар тертя, викликає невиправдані витрати робочого часу і суттєво підвищує собівартість ремонту. Трактор та його трансмісійні агрегати необхідно розбирати лише в тих межах, які є мінімально необхідними для точного встановлення причин виникнення відмов

та їхньої подальшої ліквідації. У ході демонтажних робіт категорично забороняється розкомплектовувати основні технологічно припрацьовані пари деталей, які зберегли свій ресурс і є повністю придатними для подальшого ефективного використання в процесі експлуатації машини.

Підлягають обов'язковій заміні на нові:

- прокладки, сальники, манжети, ущільнюючі кільця,
- гумові трубопроводи та патрубки, гальмівні накладки.

На виробництві по різному відновлюють пошкоджені в процесі роботи деталі тракторів. На рис.2.3 представлена загальна схема ремонтної дільниці по ремонту корпусних деталей коробки переміни передач.

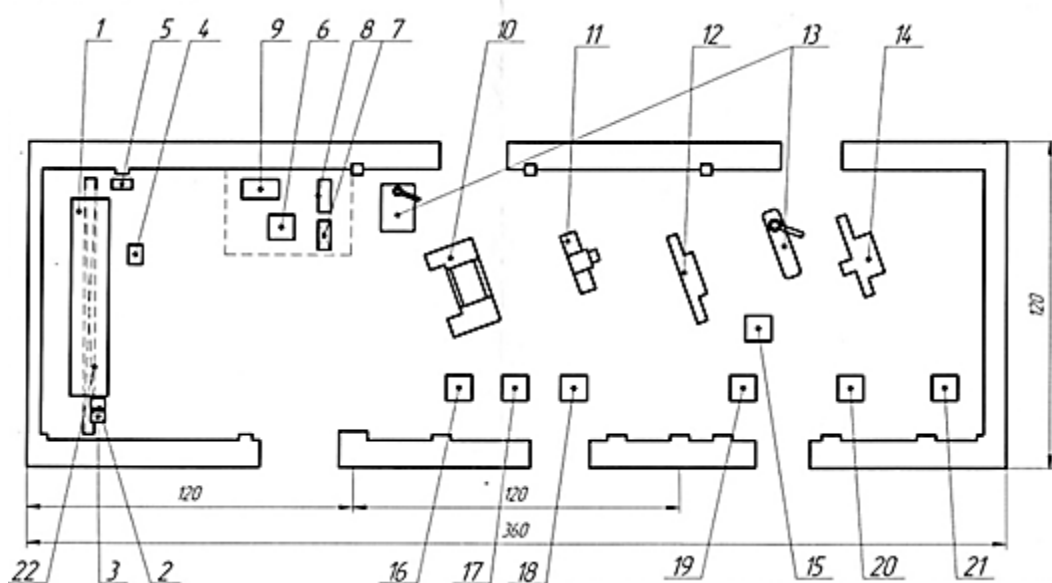


Рис. 2.3 Загальна схема дільниці по ремонту корпусних деталей коробки переміни передач

1-мийна машина ОМ-5362; 2-повірочна плита Ш-1-630/1000; 3-стіл ОК-7523 для дефектації деталей; 4-рольганг; 5,7,19-монтажний стіл ОРГ-1468-01-0804; 6-прилад КИ-5473 для перевірки стану гідросистеми трактора; 8-стилаж Орг-1468-05-230А для деталей; 9- напів-автомат для дугової сварки; 10-стіл ОК-7523 для електросварочних робіт; 11-конвеєр; 12,13-станок токарно-гвинторізний 1М63Б; 14-станок агрегатний 12А874; 15-станок розточний 5А565; 16- станок радіально-свердлильний 2М55; 17,18- станок

розкатний АМ7797; 20- станок токарно-гвинторізний 16К20; 21-тумбочка для інструменту ОРГ-1468-08-030; 22- консольно-поворотний кран.

Розглянемо деяке оснащення для відновлення коробки переміни передач.

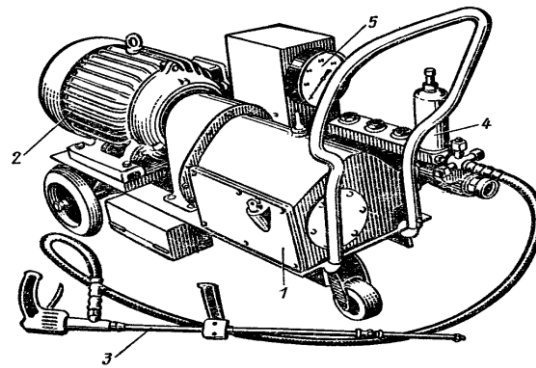


Рис. 2.4 Мийна машина ОМ-5362

1-насос; 2-електродвигун; 3-гідромонітор; 4- регулятор тиску; 5- манометр.

Таблиця 2.1 Технічна характеристика Мийної машини ОМ-5362

Габаритні розміри, мм	
Довжина	860
Ширина	620
Висота	570
Вага, кг	185

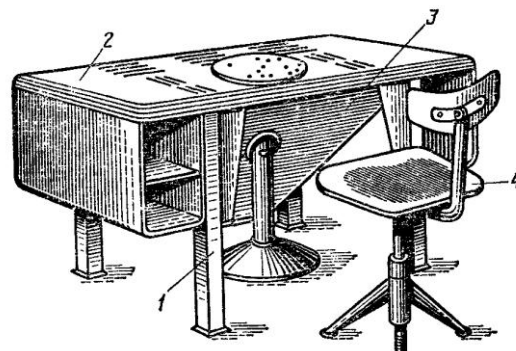


Рис.2.5. Стіл ОКС-7523 для електрозварних робіт

1-каркас; 2-плита; 3-бункер; 4-стіл.

Таблиця 2.2 Технічна характеристика стола ОКС-7523

Технічна характеристика	
Габаритні розміри, мм	
Ширина	1155
Довжина	745
Висота	645
Вага, кг	122

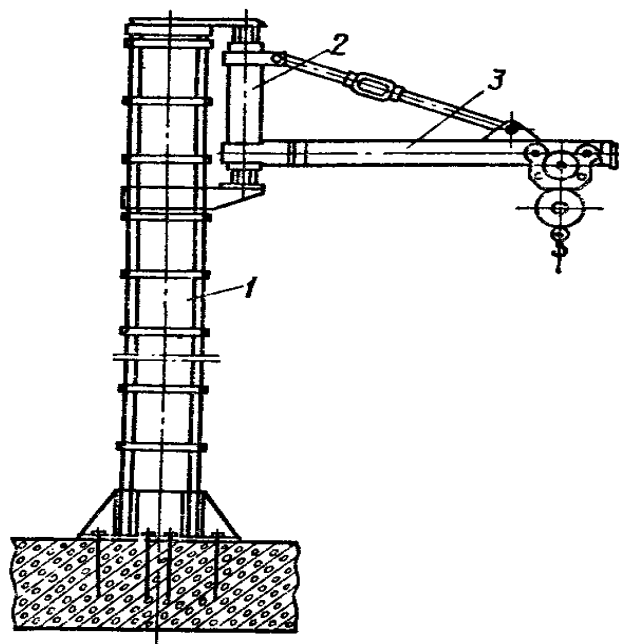


Рис. 2.6. Консольно-поворотний кран

1-колонка; 2-поворотна колонка; 3-стріла.

Таблиця 3.3 Технічна характеристика консольно-поворотного крана.

Технічна характеристика	
Вантажопідйомність, кг	3000
Виліт стріли, мм	3000
Загальна висота крана, мм	8000
Потужність електродвигуна повороту, кВт	0,6

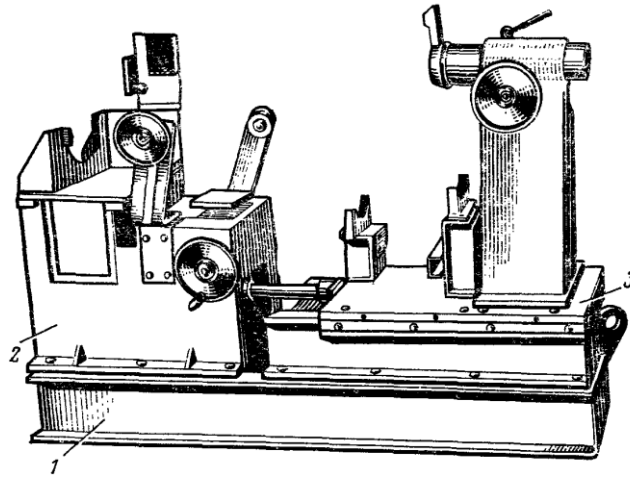


Рис. 2.7.Стенд ОР-6299

1-рама; 2- вузол встановлення і орієнтування коробки передач; 3-салазки.

Таблиця 2.4 Технічна характеристика стенда ОР-6299

Технічна характеристика	
Тип стенду	Стационарний
Привід	Гідравлічний
Робочий тиск в гідросистемі, МПа	9,8
Керування	Механічне
Робочий тиск на штоці гідроциліндра, кН	40
Габаритні розміри, мм	
Довжина	1850
Ширина	780
висота	1125
Вага, кг	650

2.3. Вимоги на ремонт

Трактори, які спрямовуються на ремонтне підприємство, повинні мати повну комплектацію вузлів та деталей, передбачених заводською

конструкторською документацією. Допускається окреме відправлення на ремонт таких функціональних складових частин і збиральних одиниць, як напіврама в зборі, передня вісь у зборі, трансмісійний блок, що об'єднує коробку перемикачів передач та задній міст, роздавальна коробка в зборі, карданний привод у зборі з проміжною опорою, а також гідравлічні циліндри та колеса в зборі. Безпосередньому ремонтному втручанню підлягають машини та їхні компоненти, які повністю відпрацювали встановлений міжремонтний ресурс і досягли свого граничного технічного стану. Поточний рівень працездатності та технічний стан техніки визначаються сертифікованими засобами інструментального діагностування відповідно до затвердженого нормативного порядку. Під час дефектації та встановлення граничного стану трактора комплексному контролю за ресурсними параметрами піддають як основні, так і додаткові складові частини. Загальний стан трактора визнається граничним, якщо за результатами технічного діагностування встановлено об'єктивну необхідність проведення капітального ремонту не менше ніж трьох складових частин, серед яких обов'язково присутні принаймні два основні базові агрегати.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

3.1. Аналіз існуючої конструкції

Сучасне сільськогосподарське виробництво є високотехнологічною та енергооснащеною галуззю, де обсяги постачання тракторів, автомобілів, комбайнів, спеціалізованих машин та інноваційного обладнання стабільно зростають. Поряд із кількісним нарощуванням парку техніки відбуваються глибокі якісні зміни її структури, що проявляється у впровадженні потужних енергонасичених тракторів, які функціонують на підвищених робочих швидкостях, широкозахватних гідрофікованих агрегатів, сучасних високопродуктивних комбайнів для збирання зернових і технічних культур, а також електрифікованих і повністю автоматизованих засобів механізації. Оскільки конструкція рухомого складу стає дедалі складнішою, забезпечення її високоефективного та безперебійного використання потребує створення потужної та прогресивної бази технічного обслуговування і ремонту.

У загальній структурі трудомісткості капітального ремонту машин розбирально-складальні операції посідають одне з провідних місць, причому для тракторів питома вага цих робіт становить від 52% до 56%. Це зумовлює необхідність усебічної механізації зазначених процесів, особливо під час декомпозиції та збирання нарізних і пресових з'єднань, частка яких у сумарній трудомісткості розбирального циклу тракторної техніки досягає близько 20%. Задля якісного розбирання вузлів та агрегатів у сучасних умовах застосовують широку номенклатуру універсальних і спеціалізованих стендів. До категорії універсального технологічного обладнання належить стенд моделі ОР-6760, призначений для розбирання та складання тракторних муфт зчеплення, тоді як прикладом вузькоспеціалізованого оснащення є стенд моделі ОПР-626, розроблений безпосередньо для ефективного розбирання та складання коробок перемикачів передач тракторів.

ОПР - 626 можна побачити практично в усіх МТС господарств РТ. Він зручний тим що коробка жорстко закріплюється за допомогою планок на ній, що дає можливість легкого розбирання. Його незручність в тому, що в ній немає поворотного пристрою, що помітно збільшує процес розбирання і складання КПП, а також його габарити створюють деякі незручності при розбиранні і складанні для слюсаря - ремонтника.

3.2.Аналіз проектованої конструкції

Впровадження запропонованої інженерної конструкції забезпечує суттєве зростання продуктивності праці завдяки інтеграції ефективного поворотного пристрою, оптимізації габаритних розмірів та підвищенню загальної мобільності обладнання. Модернізація технологічного процесу дозволяє значно знизити собівартість ремонтних робіт, суттєво підвищити рівень фондovіддачі виробничих засобів, а також забезпечити стабільне зростання показників річного економічного ефекту на підприємстві.

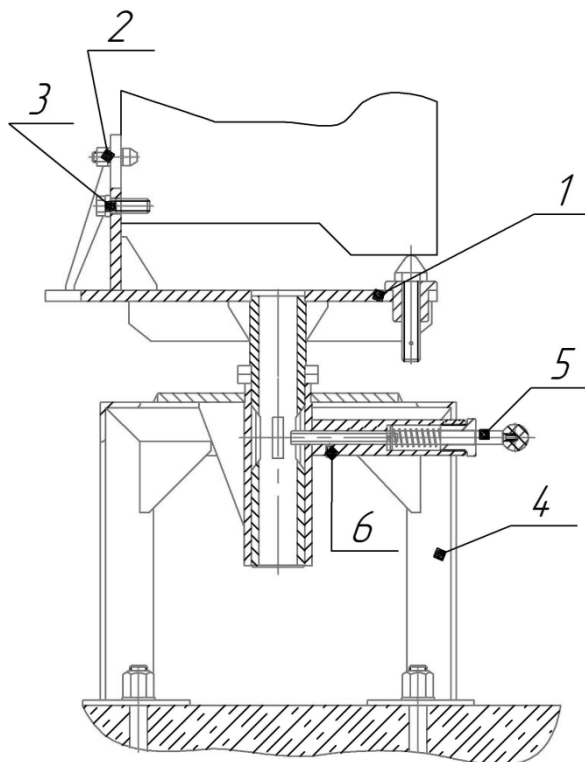


Рис. 3.1. Схема стану для розбирання складання КПП

1 – кронштейн; 2 – штифт; 3 – болт

Принцип роботи конструкції

Коробка зміни передач жорстко кріпиться на кронштейні 1 двома штифтами 2 і на трьох болтах 3. Кронштейн розгортається навколо столу 4 на 180° конструкції рис. 3.1.

Слюсар ремонтник при повороті в зручне для себе розбирання і складки положення фіксує його фіксатором 5 і затягує гвинтом - шпонкою 6 із зусиллям 500Н.

Завдяки реалізації цього конструктивного рішення слюсар-ремонтник безпосередньо з робочої позиції здійснює керування поворотним механізмом пристрою, що дозволяє виконувати розбирально-складальні операції на коробці перемикачів передач з мінімальними фізичними зусиллями та забезпечує суттєве підвищення загальної продуктивності праці..

3.3. Розрахунок конструкції

Розрахунок проектованої конструкції робиться для того, щоб бути упевненим в її міцності, стабільній, безвідмовній роботі.

3.3.1 Розрахунок на зріз гвинта-шпонки

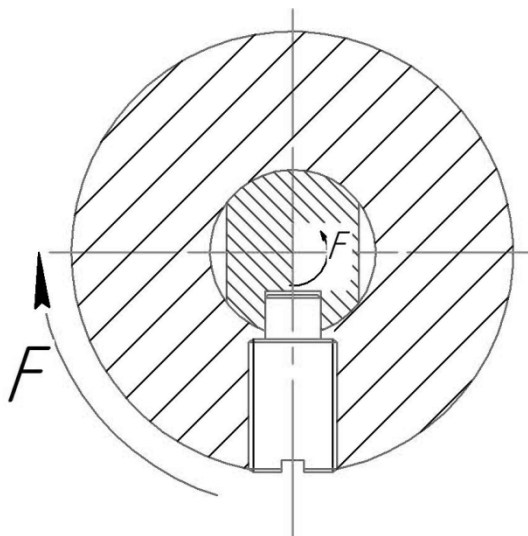


Рис. 3.2 - Площа поверхні зрізу гвинта - шпонки.

Площа поверхні зрізу гвинта - шпонки визначається по формулі [5]:

$$A_{cp} = \pi \cdot r^2, \quad (3.1)$$

де, r - радіус шпонки на який упирається фіксатор, мм

$$A_{cp} = 3,14 \cdot 2,5^2 = 19,63 \text{ мм}^2$$

Для лінійного напруженого стану параметри напружень легко визначити не лише теоретичним шляхом, а й експериментальним методом. Наступне зіставлення розрахункових даних із дослідними результатами дозволяє з високою точністю верифікувати достовірність аналітичних залежностей та базових теоретичних формул. Зазначений підхід покладено в основу третьої теорії міцності, яка в інженерній практиці також відома як теорія найбільших дотичних напружень. Згідно з цим критерієм міцності, перехід матеріалу в граничний (небезпечний) стан або стан руйнування настає тоді, коли максимальне еквівалентне дотичне напруження у критичній точці деталі досягає свого гранично допустимого значення, встановленого на основі стандартних механічних випробувань.

Умова міцності по дотичній напрузі - це є нерівність [5]:

$$\tau \leq [\tau],$$

звідки слідує:

$$\tau = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}, \quad (3.2)$$

де, Q - поперечна сила, яка дорівнює силі $F = 500 \text{ Н}$

d - діаметр шпонки, мм

$\pi = 3,14$.

$$\tau = \frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot 5^2} = 25,5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

За енергетичним критерієм визначається [5]:

$$[\tau] = 0,6 \cdot [\sigma], \quad (3.3)$$

де σ - дотична напруга

$$[\tau] = 0,6 \cdot 50 = 30,$$

$$25,5 \leq 30,$$

означає умову міцності по дотичній напрузі дотримується.

Напруга на гвинт - шпонку визначається по формулі [5]:

$$\sigma_{cp} = \frac{F}{A_{cp}}, \quad (3.4)$$

де F - сила діє на гвинт - шпонку яка дорівнює 500Н

$$\sigma_{cp} = \frac{500}{19,63} = 25,47 \text{ Н/мм}^2$$

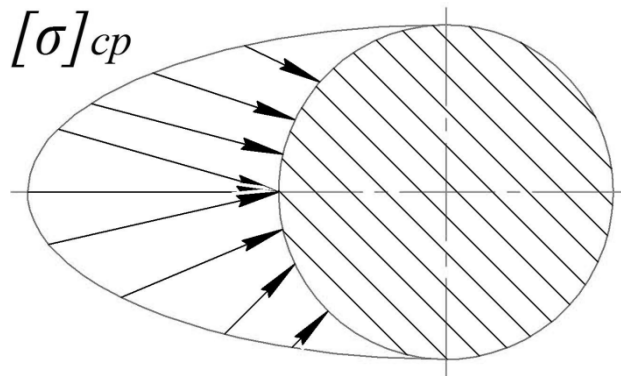


Рис. 3.3. Схема дії сил на зріз. $[\sigma]_{cp}$

Умова міцності по нормальній напрузі, згідно цієї теорії небезпечним станом вважається такий стан, коли одно з головної напруги досягає значення, що допускається, тобто згідно 1-ої теорії міцності записується:

$$\sigma_{cp} \leq [\sigma]_{cp},$$

$$[\sigma]_{cp} = (1,3 \dots 2) \cdot \sigma_p, \quad (3.5)$$

де $\sigma_p = 25 \text{ Н/мм}^2$ звідси слідує що

$$[\sigma]_{cp} = (2 \cdot 25) = 50 \frac{H}{мм^2}$$

З цього виходить $25 \frac{H}{мм^2} < 50 \frac{H}{мм^2}$, означає умову міцності дотримується.

3.3.2 Розрахунок фіксатора

Представивши фіксатор, як балку на двох опорах можна знайти реакції опор точки А і точки В по рівнянню [6]:

$$\Sigma Ma = 0$$

$$R_b \cdot 110 - F \cdot 225 = 0, \quad (3.6)$$

звідси знаходиться сила R_b :

$$R_b = \frac{500 \cdot 225}{110} = 1023H$$

$$\Sigma Mb = 0,$$

$$R_a \cdot 110 + F \cdot 115 = 0, \quad (3.7)$$

звідси знаходиться сила R_a :

$$R_a = -523H.$$

Знаходяться перерізувача сила Q і вигибаючий момент M , потім будуються епюри.

Перерізувачі сили:

$$\begin{cases} Q_1 = -R_a = -523H, \\ Q_2 = F = 500H; \end{cases}$$

Момент, що вигинає :

$$\begin{cases} M_1 = -R_a \cdot 110 = 575H \cdot м, \\ F \cdot 115 = 575H \cdot м. \end{cases}$$

Будуємо епюри:

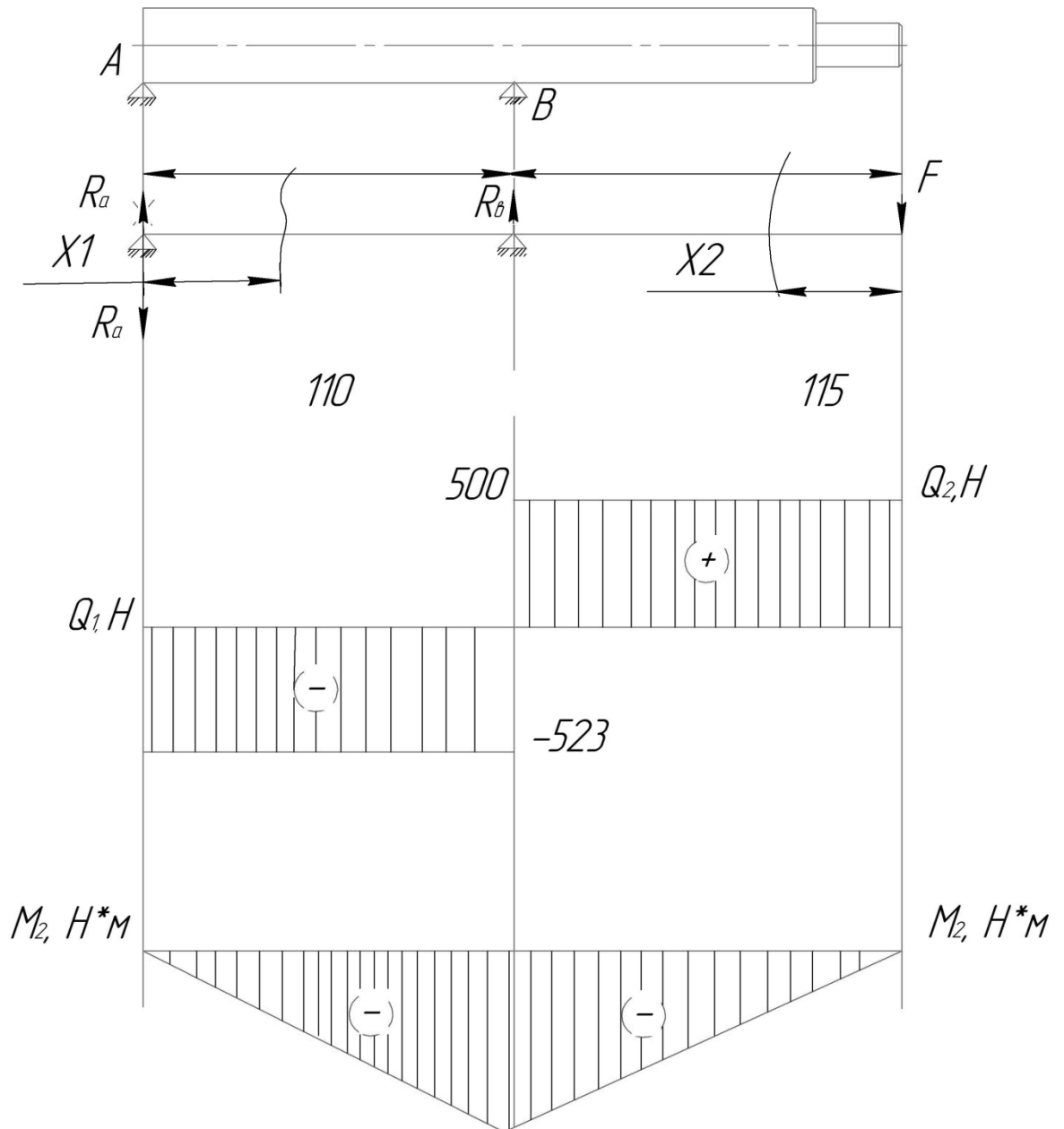


Рис. 3.4 - Епюр перерізуючої сили і моменту, що вигинає.

3.3.3 Розрахунок штирів на зріз

$$L = 330 \text{ мм}$$

$$H = 175 \text{ мм}$$

$$h = 260 \text{ мм}$$

$$R = 3500 \text{ Н}$$

$$R_{min}/R_{max} = 0.7$$

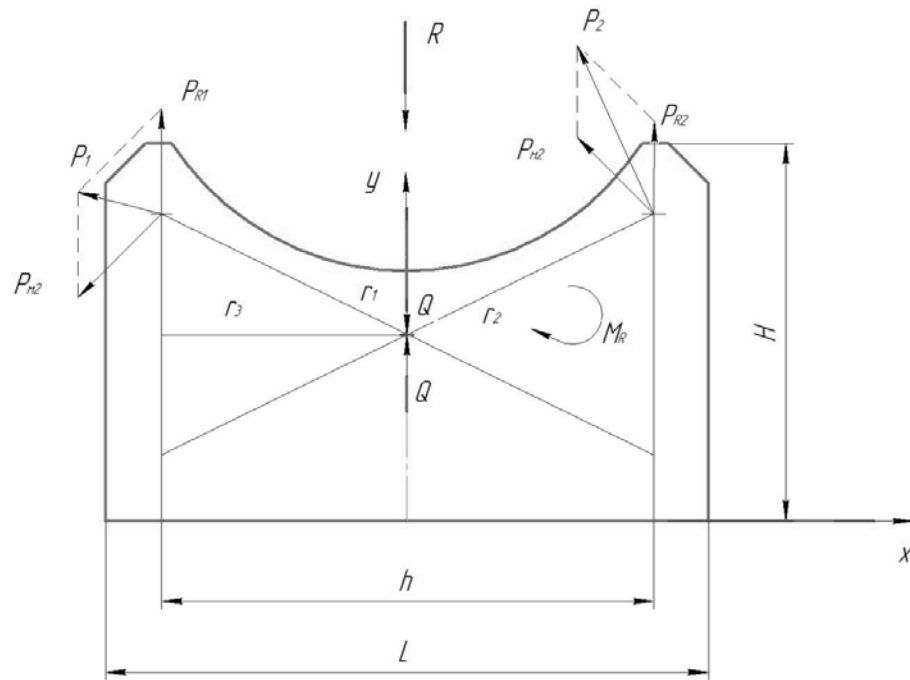


Рис. 3.5. Схема сил що діють на зріз.

Кількість штирів $z = 2$;

Визначуваний центр тяжіння стику, уявимо, що він має форму прямокутника, центр тяжіння буде на перетин діагоналей. (Мал. 3.5 т. Про - центр).

Сила R наводиться до центру тяжіння стику [7]:

$$M_R = R(L + h/2) \quad (3.8)$$

де R - сила рівняє масі КПП, $R = 3500\text{H}$;

L - довга стойки, 330мм ;

h - відстань між штирями, 230мм .

$$M_R = 3500 \cdot (330 + 260/2) = 1601000\text{H}.$$

Навантаження на штирі визначається від дії сили PR з формули [7]:

$$P_R = \frac{R}{z},$$

$$P_R = \frac{3500}{2} = 1750H.$$

Навантаження на штирі під дією моменту P_M визначається по формулі [7]:

$$\begin{cases} \frac{P_{M1}}{r_1} = \frac{P_{M2}}{r_2} \\ P_{M1}r_1 + P_{M2}r_2 = M_R \end{cases} \quad (3.9)$$

де r_1 і r_2 - радіуси від центру тяжіння до центру штиря
оскільки $r_1 = r_2$ те $P_{M1} = P_{M2}$ з цього виходить:

$$P_{M1}r_1 + P_{M2}r_2 = M_R$$

$$2P_{M1}r_1 = M_R$$

$$r_2 = r_1 = \sqrt{r_3^2}, \quad (3.10)$$

підставляючи значення виходить:

$$r_1 = r_2 = \sqrt{115^2} = 115\text{мм};$$

Навантаження під дією моменту визначається по формулі [7] :

$$P_{M1} = \frac{M_R}{2r_1} = \frac{1601000}{2 \cdot 115} = 7115H;$$

$$P_{M1} = P_{M2} = 6960H;$$

З цього виходить, що штирі навантажені однаково.

Сумарне навантаження на штирі визначається по формулі [7]:

$$\bar{P} = \bar{P}_R + \bar{P}_M, \quad (3.11)$$

$$P_1 = \sqrt{P_{R1}^2 + P_{M1}^2} - 2P_{R1} \cdot P_{M2} \cdot \cos 35^\circ,$$

Підставляючи отримані значення виходить:

$$P_1 = \sqrt{1750^2 + 6960^2} + 2 \cdot 1750 \cdot 6960 \cdot 4,16 = 13285H;$$

Діаметр стержня визначається по формулі [7]:

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_1}{\pi \cdot [\sigma]_p}}, \quad (3.12)$$

де $[\sigma]_p = \frac{\sigma_m}{[n]}, \quad (3.13)$

де $\sigma_m = 3 \cdot 6 = 18 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$ - межа плинності

$[n] = 1,6$ - необхідний коефіцієнт запасу міцності;

$$[\sigma]_p = \frac{180}{1,6} = 112,5 \text{ Н/мм}^2,$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13285}{3,14 \cdot 112,5}} = 13,5 \text{ мм},$$

вибирається стержень діаметром $d_{cm} = 15 \text{ мм}$.

3.3.4. Розрахунок зварного з'єднання

$H = 60 \text{ мм}$

$a = 40 \text{ мм}$

$\text{до} = 4 \text{ мм}$.

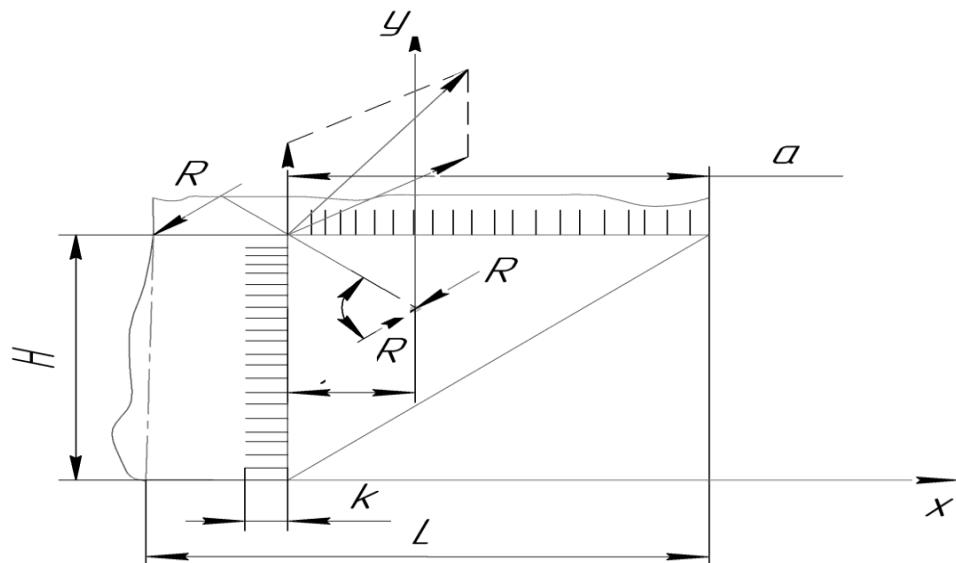


Рис. 3.6. Схема дії сил при зварному з'єднанні

Центр тяжіння фігури утворений швами визначається по формулі:

$$X_o = \frac{\sum F_i X_i}{\sum F_i}, \quad (3.14)$$

$$X_o = \frac{2F_1 \cdot \frac{a}{2} - F_2 \cdot \frac{\kappa}{2}}{2F_1 + F_2},$$

де $F_1 = 0.7 \cdot \kappa \cdot H,$

$$F_2 = 0.7 \cdot \kappa \cdot a,$$

підставивши значення знаходиться :

$$F_1 = 0.7 \cdot 4 \cdot 60 = 168 \text{ Н}$$

$$F_2 = 0.7 \cdot 4 \cdot 40 = 112 \text{ Н},$$

$$X_o = \frac{2 \cdot 168 \cdot \frac{60}{2} - 2 \cdot 112 \cdot \frac{40}{2}}{2 \cdot 168 + 112} = 12,5.$$

Напруга шва від дії сили визначається по формулі [7]:

$$\tau_m = \frac{M_u \cdot r_{max}}{J_p}, \quad (3.15)$$

де $r \sqrt{\left(\frac{H}{2}\right)^2 + \left(a - X_o\right)^2}_{max}$

момент інерції $J_p = 0.7 \cdot (J_x + J_y), \quad (3.17)$

тут коефіцієнт 0,7 враховує приведення J_p до бісекторній площини зрізування швів.

$$J_x = \left(\frac{a \cdot \kappa^3}{12} + F \frac{(H + \kappa)^2}{2} \right) \cdot 2 + \frac{\kappa \cdot H^3}{12}, \quad (3.18)$$

підставивши значення у вираження вийде:

$$J_x = \left(\frac{40 \cdot 4^3}{12} + 168 \left(\frac{60+4}{2} \right)^2 \right) \cdot 2 + \frac{4+60^3}{12} = 760554.$$

$$J_x = \left(\frac{a^3 \cdot \kappa}{12} + F_1 \left(\frac{a}{2} - X_o \right) \right) \cdot 2 + \frac{H \cdot \kappa^3}{12} + F_2 \left(X_o + \frac{\kappa}{2} \right)^2, \quad (3.19)$$

$$J_y = \left(\frac{40^3 \cdot 4}{12} + 168 \left(\frac{40}{2} - 12.5 \right)^2 \right) \cdot 2 + \frac{60 \cdot 4^3}{12} + 112 \cdot \left(12.5 + \frac{4}{2} \right)^2 = 77620.$$

Далі знаходиться J_p по формулі [7]:

$$J_p = 0.7 \cdot (760554 + 77620) = 838774.$$

Момент визначається по формулі [7]:

$$M_u = R \cdot \sin \alpha \cdot L, \quad (3.20)$$

$$M_u = 3500 \cdot \sin 60^\circ \cdot 55.2 = 168084 \frac{H}{mm}.$$

$$r \sqrt{\left(\frac{60}{2} \right)^2 + \sqrt{(40 - 15.5)^2}}_{max}.$$

$$\tau_{max} \frac{168084 \cdot 24.5}{600658}.$$

Сумарна напруга шва в найбільш навантаженій ділянці визначається по формулі [7]:

$$\overline{\tau \tau \tau}_{max}, \quad (3.21)$$

$$\tau^2 \sqrt{\cos \gamma \cdot 2 \cdot \tau_a \cdot 2 \cdot \tau_{max}^{max}} \sqrt{\tau_a^2 + (\tau_{max}^{max}())}_{max}, \quad (3.22)$$

Розташування кута гама.

$$tg \beta = \frac{\frac{H}{2}}{a - X_o},$$

оскільки $\gamma = 90^\circ - \alpha + \beta$ то

$$\gamma = 90^0 - 60^0 + 8,788^0 = 21,212^0.$$

$$\tau \sqrt{0.09^2 + 6.8^2 + 2 \cdot 0.09 \cdot 2 \cdot 6.8 \cdot 0.93} = 615 \frac{H}{\text{мм}^2} \text{max}.$$

Напруга, що допускається, для зварного шва визначається по формулі [7]:

$$[\tau]'' = \beta \cdot \gamma \cdot [\sigma]_p, \quad (3.23)$$

$$[\tau]'' = \cos 68.788 \cdot 180 = 65.16 \frac{H}{\text{мм}^2}.$$

Проводиться перевірка умов міцності по нерівності [7]:

$$\tau [\tau]''_{\text{max}},$$

$$6,15 \leq 65,16.$$

Ознака - умова виконується.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БКР

Показниками економічної оцінки ремонтної майстерні виступають наступні:

- величина додаткових капіталовкладень;
- собівартість одного умовного ремонту;
- річний економічний ефект;
- термін окупності додаткових капіталовкладень;
- зростання продуктивності праці;
- економія від зниження собівартості ремонту.

4.1 Визначення вартості основних виробничих фондів майстерні

Вартість основних фондів ремонтної майстерні господарства розраховуємо за формулою:

$$C_0 = C_{\text{буд.}} + C_{\text{обл.}} + C_{\text{при.}}, \quad (4.1)$$

де $C_{\text{буд.}}$ – вартість приміщення майстерні, грн.;

$C_{\text{обл.}}$ – вартість встановленого обладнання, грн.;

$C_{\text{при.}}$ – вартість приладів, інструменту, пристроїв (штучна вартість яких перевищує 100 грн.) без обмеження строку служби.

Вартість виробничої будівлі визначаємо за формулою:

$$C_{\text{буд.}} = C_{\text{буд.}}^1 \cdot S, \quad (4.2)$$

де $C_{\text{буд.}}^1$ – середня вартість будівельно-монтажних робіт, віднесена до 1 м^2 виробничої площі ремонтного підприємства, грн./ м^2 ;

S – виробнича площа майстерні.

$$C_{\text{буд.}}^1 = 3132 \text{ грн./м}^2 ; S = 516 \text{ м}^2$$

$$\text{Тоді, } C_{\text{буд.}} = 1000 \cdot 520 = 1628640 \text{ грн.}$$

Вартість встановленого обладнання для ремонтної майстерні становить 40% вартості виробничої будівлі:

$$C_{\text{обл.}} = 0,4 \cdot 1628640 = 651456 \text{ грн.}$$

Вартість приладів, інструменту, пристосувань складає 7,5% від вартості обладнання:

$$C_{\text{при.}} = 0,075 \cdot 651456 = 48589,2 \text{ грн.}$$

Тоді виходячи з (4.1) вартість основних фондів буде рівна:

$$C_o = 1628640 + 651456 + 48589,2 = 2\,328\,685,2 \text{ грн.}$$

Основні фонди до технічного переоснащення складали 1958620 грн. (в цінах 2025 року). Тоді додаткові капіталовкладення будуть становити:

$$\Delta K = C_o - C_o^1, \quad (4.3)$$

де C_o^1 - основні фонди до реконструкції, грн.

$$\Delta K = 2\,328\,685,2 - 1958620 = 370\,065,2 \text{ грн.}$$

Тобто додаткові капіталовкладення технічного переоснащення ремонтної майстерні господарства нараховують 370 065,2 грн.

4.2. Розрахунок собівартості умовного ремонту

В собівартість умовного ремонту входять затрати на оплату праці, запасні частини, ремонтні матеріали.

4.2.1 Розрахунок фонду заробітної плати

При виконанні ТО і ремонту роботи виконуються по різних розрядах: ТО по 4 розряду, ПР машин 15% по гарячій сітці, з них 10% по 4 розряду і 5% по 5 розряду.

Визначимо середній розряд:

$$P_{\text{ср}} = \frac{4 \cdot 10 + 5 \cdot 5}{15} = 4,3$$

Визначимо ставку для оплати праці по середньому розряду.

$$O_{\text{ТСР}} = O_{\text{ТВЧ}} + (O_{\text{ТВ5}} - O_{\text{ТВЧ}}) \cdot 0,3 \text{ грн/год}, \quad (4.4)$$

де $O_{\text{ТВЧ}}$ – оплата праці на роботах з важкими і шкідливими умовами праці по 4 розряду тарифної ставки для відрядників, грн/год;

$$O_{\text{ТВЧ}} = 105 \text{ грн/год.},$$

$O_{\text{ТВ5}}$ – оплата праці по 5 розряду, грн/год.;

$$O_{\text{ТВ5}} = 125 \text{ грн/год.}$$

тоді:

$$O_{\text{ТСР}} = 105 + (125 - 105) \cdot 0,3 = 111 \text{ грн год.}$$

Із залишку робіт (85%) по виконанню поточного ремонту, роботи діляться

1 розряд – 6%;

2 розряд – 17%;

3 розряд – 23%;

4 розряд – 19%;

5 розряд – 14%;

6 розряд – 6%.

Визначаємо середній розряд, що виконується при ремонті за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \frac{(1 \cdot 6 + 2 \cdot 17 + 3 \cdot 23 + 4 \cdot 19 + 5 \cdot 14 + 6 \cdot 6)}{85} = 3,82$$

Ставка для оплати праці по середньому розряду визначається за формулою:

$$O_{\text{ТСР}} = O_{\text{НУ3}} + (O_{\text{НУ4}} - O_{\text{НУ3}}) \cdot 0,42, \text{ грн/год}, \quad (4.5)$$

де $O_{\text{НУ3}}$ – оплата праці на роботах з нормами праці по 3 розряду

$$O_{\text{НУ3}} = 95 \text{ грн/год.}$$

$O_{\text{НУ4}}$ – оплата праці по 4 розряду

$$O_{\text{НУ4}} = 105 \text{ грн/год.}$$

Тоді:

$$O_{ТСР} = 95 + (105 - 95) \cdot 0,42 = 99,2 \text{ грн/год.},$$

Затрати праці для усередненого розряду рівня:

$$O_{ТУС} = 99,2 \text{ грн/год.}$$

Затрати праці на виконання поточного ремонту:

$$З_{кр} = T_{кр} \cdot O_{ТУС}, \quad (4.6)$$

де $T_{кр}$ – затрати праці на ПР, люд-год.

Результати розрахунків оплати зведено в таблицю 4.1

Додаткова оплата і нарахування складають 120% від основної оплати.

$$З_{кр} = 11543,6 \cdot 99,2 = 1145125,12 \text{ грн.} \quad (4.7)$$

$$З_{д.кр} = З_{кр} \cdot 1,2 = 1145125,12 \cdot 1,2 = 1\,374\,150,144 \text{ грн.} \quad (4.8)$$

$$З_{\text{сум}} = З_{кр} + З_{д.кр} = 1145125,12 + 1\,374\,150,144 = 2\,519\,275,264 \text{ грн.} \quad (4.9)$$

Таблиця 4.1. Розрахунок фонду оплати праці господарства.

Форма оплати	Ремонт і ТО техніки
Годинні ставки, грн/год	99,2
Затрати праці, люд/год	11543,6
Основна оплата, грн	1145125,12
Додаткова оплата, грн	1 374 150,144
Всього, грн	2 519 275,264

4.3 Визначення кошторису витрат

Виробничі витрати ремонтної майстерні складаються з оплати праці обслуговуючого персоналу — амортизаційних відрахувань та витрат на поточний ремонт виробничих будівель і устаткування — вартості спожитої силової й освітлювальної електроенергії — затрат на допоміжні матеріали та технологічні енергоносії (воду, пару, стиснене повітря) — а також видатків на

планове забезпечення працівників спеціальним одягом та спеціальним взуттям.

Вартість силової та освітлювальної електроенергії, затрати на додаткові матеріали, воду, пар, стиснуте повітря, спецодяг і спецвзуття входять в інші затрати і становлять 5% від вартості основних фондів.

$$Z_{in} = 0,05 \cdot C_0, \quad (4.10)$$

де Z_{in} – інші затрати, грн.

$$Z_{in} = 0,05 \cdot 2\,328\,685,2 = 116\,434,26 \text{ грн.}$$

Загально виробничі витрати будуть становити:

$$\begin{aligned} Z_3 &= 2519275,264 + 96089,76 + 74917,44 + 88320,0 + 116434,26 \\ &= 2895036,72 \text{ грн.} \end{aligned}$$

4.4 Складання калькуляції собівартості ремонту машин

При визначенні собівартості ремонту машин розрахунок проводимо за формулою:

$$C_{\text{ум.рем}} = \frac{Z_3}{P_{\text{ум.рем}}}, \quad (4.11)$$

де $C_{\text{ум.рем}}$ – собівартість умовного ремонту, грн./ум.рем.

$P_{\text{ум.рем}}$ – програма ремонту майстерні, умовних ремонтів.

$$P_{\text{ум.рем}} = \frac{T_{\text{црм}}}{T_{1\text{ум.рем}}} = \frac{11543,6}{300} = 38,47 \text{ ум.рем.},$$

$$C_{\text{ум.рем}} = \frac{2895036,72}{38,47} =$$

$$C_{\text{ум.рем}} = \frac{2\,895\,036,72}{38,48} = 75234,84 \text{ грн./ум.рем.грн./ум.рем.}$$

В нині діючій майстерні собівартість одного умовного ремонту становить $C_{\text{ур}}^1 = 88120,50 \text{ грн./ум.рем.}$

4.5 Техніко-економічні показники ремонтної майстерні

Ефективність використання праці в ремонтній майстерні встановлюється з розрахунку продуктивності праці, яка визначається по формулі:

$$P_{\text{т}} = \frac{P_{\text{ур}}}{P_{\text{ср}}}, \quad (4.12)$$

де $P_{\text{ср}}$ – середньорічна чисельність виробничих робітників

$$P_{\text{т}} = \frac{38,47}{12} = 3,2 \text{ ум. рем./люд.}$$

Показник використання виробничих фондів – фондовіддача:

$$\Phi_o = \frac{P_{\text{ур}}}{C_o}. \quad (4.13)$$

Тоді,
$$\Phi_o = \frac{38,48}{2328685,2} = 0,0165 \text{ ум.рем./тис.грн.}$$

Показник використання виробничої площі:

$$K_{S_{\text{п}}} = \frac{P_{\text{ур}} \cdot 100}{S_{\text{п}}}, \quad (4.14)$$

де $S_{\text{п}}$ - площа ремонтної майстерні після реконструкції, м².

$$K_{S_{\text{п}}} = \frac{38,47 \cdot 100}{520} = 7,39 \text{ ум. рем./100м}^2$$

Економія від зниження собівартості

$$E_m = (C_{\text{ур}}^I - C_{\text{ур}}) \cdot P_{\text{ур}}, \quad (4.15)$$

де $C_{\text{ур}}^I$ – собівартість ремонту в існуючій майстерні, грн./ум.рем.

$C_{\text{ур}}$ – собівартість ремонту в майстерні після реконструкції
грн./ум.рем.

$$E_{\text{т}} = (88120,50 - 75234,84) \times 38,48 = 495876,82 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капіталовкладень визначаємо по формулі:

$$O_{\text{г}} = \frac{\Delta K}{E_{\text{т}}}, \quad (4.16)$$

де ΔK – розмір додаткових капіталовкладень ($\Delta K = 370\,065,2$ грн.),
грн.

$$O_{\text{г}} = \frac{370065,2}{495876,82} = 0,75 \text{ року (приблизно 9 місяців).}$$

Приведені затрати на існуючій ремонтній базі складають:

$$ПЗ_{існ} = \frac{C_{yp}^1 + 0,15 \cdot C_o^1}{П_{yp}^1}, \quad (4.17)$$

$$ПЗ_{існ} = \frac{57362,5 + 0,15 \cdot 512469}{30,9} = 4344,11 \text{ грн.}$$

Приведені затрати на переоснащеній ремонтній базі

$$ПЗ_p = \frac{C_{yp} + 0,15 \cdot C_o}{П_{yp}}, \quad (4.18)$$

$$\begin{aligned} ПЗ_p = ПЗ_{існ} &= 88120,50 + 0,15 \times \frac{1958620}{30,9} = 88120,50 + 9507,86 \\ &= 97628,36 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Тоді річний економічний ефект дорівнює:

$$E_{p.e.} = (ПЗ_{існ} - ПЗ_p) \cdot П_{yp} \quad (4.19)$$

$$E_{p.e.} = (97628,36 - 84312,35) \times 38,48 = 512403,63 \text{ грн.}$$

Техніко-економічні показники існуючої і переоснащеної ремонтної майстерні зводимо до таблиці 4.2

Таблиця 4.2. Техніко-економічні показники ремонтної майстерні господарства.

ПОКАЗНИКИ	Варіант	
	існуючий	проектований
Річна виробнича програма, ум.рем.	30.9	38.48
Основні виробничі фонди, грн.	1 958 620,0	2 328 685,2
Додаткові капіталовкладення, грн.	-	370 065,2
Випуск продукції на 1 м ² виробничої площі, ум.рем.	5,94	7,40
Фондовіддача, ум.рем./тис.грн.	0,0158	0,0165
Продуктивність праці, ум.рем./чол.	2,57	3,21
Собівартість умовного ремонту, грн.	88 120,50	75 234,84
Економія від зниження собівартості, грн.	-	495 876,82
Річний економічний ефект, грн.	-	512 403,63
Строк окупності додаткових капіталовкладень, років	-	0,75 (9 міс.)

Проведений техніко-економічний аналіз і показники приведені в таблиці 4.2 підтверджують доцільність технічної розробки пристосування в умовах ФГ «Махно».

ВИСНОВКИ

1. У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано комплексний науково-технічний аналіз основних несправностей коробки перемикачів трактора класу 1.4, а також прогресивних способів і методів їхнього усунення, що дозволило обґрунтувати доцільність впровадження інноваційних технологій та сучасного високоефективного обладнання під час реалізації ремонтно-відновлювальних робіт у майстернях агропромислового підприємства ФГ «Махно».

2. На основі проведених аналітичних досліджень розроблено функціональну конструктивну схему стенда для розбирання та складання КПП трактора класу 1.4, а також виконано повний обсяг необхідних проектно-конструкторських розрахунків. Графічна частина кваліфікаційної роботи містить креслення загального виду проектуємого пристрою, його складальне креслення та деталювання ключових нестандартних елементів, які інтегровані в розроблену конструкцію.

3. У структурі сучасного ремонтного виробництва суттєве значення має застосування засобів малої механізації, спеціалізованих технологічних пристосувань та нестандартного обладнання, використання яких дозволяє значно інтенсифікувати продуктивність праці, гарантувати високу якість проведення ремонтних робіт та підвищити загальний рівень безпеки праці операторів.

4. У межах конструкторської розробки запропоновано та обґрунтовано спеціалізований пристрій для РМ ФГ «Махно». За результатами розрахунків техніко-економічного обґрунтування конструкторської частини проекту доведено, що модернізований варіант є значно ефективнішим порівняно з базовим за показником загальної виробничої собівартості. Очікуваний річний економічний ефект від практичного впровадження запропонованої інженерної розробки у виробництво становить 512403,63 грн, а термін окупності капітальних вкладень у зазначений пристрій складає 0,75 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безпалко О. В., Кузьменко А. М. Удосконалення процесів миття та очищення об'єктів ремонту на розбирально-складальних дільницях. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для АПК України. 2023. Вип. 32 (46). С. 114–122.
2. Борис А. М. Системна оптимізація параметрів постів поточного ремонту техніки в умовах малих агроформувань. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2022. Вип. 22, т. 2. С. 45–53.
3. Васильченко І. П., Кравцов С. М. Проектування технологічних процесів відновлення і складання вузлів сільськогосподарських машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. 2021. Вип. 208. С. 87–94.
4. Гавриленко Ю. М. Модернізація ремонтно-обслуговуючої бази фермерських господарств із застосуванням модульних технологій. Агроінженерія: наукові горизонти. 2024. № 2 (8). С. 34–41.
5. Гуменюк В. О., Поліщук С. В. Моделювання завантаження розбирально-складального устаткування в ремонтних майстернях АПК. Збірник наукових праць ВНАУ. Вінниця, 2023. № 21. С. 102–109.
6. Демчук О. С. Надійність та технічний сервіс машин у сучасному рослинництві : навчальний посібник. Житомир : Полісся, 2022. 288 с.
7. Захарченко В. М., Ляшенко О. В. Обґрунтування структури технологічного процесу розбирання та дефектування агрегатів тракторів. Техніка і технології АПК. 2022. № 3 (121). С. 19–24.
8. Іщенко А. В. Оптимізація виробничих площ підрозділів технічного сервісу за критерієм мінімізації логістичних витрат. Інженерія природокористування. 2025. № 1 (21). С. 67–73.
9. Ковальов М. С., Назаренко Д. О. Удосконалення розбирально-складального інструменту та пристосувань для ремонту редукторів с-г техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2024. № 312. С. 145–153.

10. Кравчук В. І., Павлишин М. М. Стратегічні напрями розвитку технічного сервісу машин в агросфері. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2023. Вип. 16 (115). С. 12–21.
11. Кучеренко О. Д. Обґрунтування оптимального складу обладнання дільниці з ремонту складної сільськогосподарської техніки. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2021. Вип. 21, т. 4. С. 156–162.
11. Литвиненко В. А. Підвищення ефективності розбирально-складальних робіт шляхом оптимізації ергономічних параметрів робочих місць. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 4. С. 198–205.
12. Марченко В. І., Шатров Р. В. Технологічне планування та організація виробництва на ремонтних підприємствах АПК : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2023. 344 с.
13. Мельник В. К., Сидоренко О. П. Оцінка ефективності технічного переоснащення розбиральних дільниць ремонтних майстерень. Економіка та управління в АПК. 2024. № 1. С. 112–119.
14. Михайлов О. В. Застосування методів лінійного програмування для оптимізації параметрів ремонтних дільниць. Кібернетика та системний аналіз в агроінженерії. 2023. № 2. С. 49–56.
15. Олійник С. М., Федоренко П. О. Модернізація розбирально-складального виробництва при капітальному ремонті двигунів внутрішнього згоряння. Наукові праці НУБіП України. 2022. Вип. 304. С. 91–99.
16. Панченко О. А. Обґрунтування технологічних регламентів технічного обслуговування машин в умовах фермерських господарств. Сучасні проблеми розвитку технічного сервісу. 2025. С. 76–81.
17. Погорілий В. В., Ковальчук А. М. Дослідження потокових ліній розбирання та складання вузлів трансмісій сучасних тракторів. Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія: Агроінженерні дослідження. 2023. № 27. С. 54–61.

18. Радченко М. В. Технологічні основи дефектації та комплектування деталей при складанні машин. *Механіка та автоматизація агровиробництва*. 2024. Вип. 18. С. 132–140.
19. Роговський І. Л., Тітова Л. Л. Управління якістю технічного сервісу сільськогосподарської техніки : монографія. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2021. 210 с.
20. Романюк О. В., Савченко Д. І. Нормування праці на виконання розбирально-складальних операцій у процесі ремонту комбайнів. *Агроінженерія: теоретичні аспекти*. 2025. № 3. С. 22–29.
21. Савчук П. П., Бойко М. О. Оптимізація параметрів потокових ліній на ремонтно-обслуговуючих підприємствах. *Технічний сервіс в АПК*. 2022. Т. 4, № 1. С. 89–96.
22. Синявський О. В., Черновол М. І. Технологічне забезпечення надійності машин при їх складанні після ремонту. *Вісник КНТУ. Кропивницький*, 2021. № 34. С. 104–112.
23. Степаненко В. М. Проектування діляниць і робочих місць для розбирально-складальних робіт в агросервісі : навч. посібник. Харків : ХНТУСГ, 2022. 186 с.
24. Ткаченко А. М. Техніко-економічне обґрунтування інноваційних технологій у технічному сервісі АПК. *Економіка АПК*. 2023. № 5. С. 43–50.
25. Федоришин М. С., Грицай О. В. Удосконалення стендового обладнання для розбирання і складання коробки передач тракторів. *Конструювання та виробництво с-г машин*. 2024. Вип. 54. С. 115–123.
26. Шевченко І. А., Тіщенко Л. М. Інжиніринг процесів технічного обслуговування і ремонту машинної техніки. Харків : ФОП Бровін А. В., 2021. 294 с.
27. Яковенко С. П. Моделювання надійності функціонування розбирально-складальної ділянки ремонтної майстерні. *Машинобудування та автоматизація в АПК*. 2025. Вип. 14 (122). С. 165–173.

28. Al-Rousan M., Al-Momani K. Process optimization of assembly lines using lean maintenance techniques in agricultural workshops. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2023. Vol. 16, No. 2. P. 144–152.
29. Basu K., Anne A. *Farm Machinery Management: Modern Maintenance Approaches*. 2nd ed. New Delhi : Astral International Pvt. Limited, 2025. 250 p.
30. Gomez F., Santos M. Advanced Disassembly Systems for Agricultural Machinery Overhaul. *Journal of Agricultural Machinery and Engineering*. 2024. Vol. 39, No. 4. P. 210–219.
31. Hunt D., Wilson R. *Farm Power and Machinery Management*. 11th ed. Waveland Press, 2022. 385 p.
32. Kutz M. *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering*. 4th ed. Academic Press, 2024. 850 p.
33. Martinez-Galan J., Silva E. Reliability, availability, maintainability and dependability (RAMD) modeling for maintenance optimization in agricultural production systems. *Journal of Maintenance Engineering Research*. 2026. Vol. 18, No. 4. P. 312–325.
34. Shrivastava A. K., Kumar A. *Maintenance Engineering for Agricultural Machinery and Tractors*. New Delhi : Jain Brothers, 2023. 240 p.
35. Turner L. P., Davies R. Ergonomic workplace design and optimization for manual assembly lines in machinery repair shops. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2024. Vol. 91. Article 103445.
36. Wang X., Zhang Y. Optimization of Disassembly and Assembly Lines for Heavy Machinery Maintenance using Metaheuristic Algorithms. *Journal of Manufacturing Processes*. 2022. Vol. 75. P. 890–901.
37. Zimmer M., Schmidt L. Predictive Maintenance Frameworks for Agricultural Machinery Fleet in Small and Medium Farms. *European Journal of Agronomy and Engineering*. 2025. Vol. 12, No. 1. P. 45–56.

ДОДАТКИ