

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: **«Проект агрегатно-механічної ділянки майстерні з
розробкою конструкції стенду для розбирання та складання коробки
передач»**

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-3-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Сопрун Олег Борисович
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Шевчук В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ АГРЕГАТІВ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	6
1.1. Обґрунтування архітектурно-технологічної побудови виробничих дільниць	6
1.2. Оцінка технології ремонту трансмісійних вузлів	10
1.3. Організація ремонту в агрегатно-механічних дільницях	12
1.4. Висновки за розділом	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНО- ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ АГРЕГАТНО-МЕХАНІЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	14
2.1. Аналіз виробничого навантаження та трудових витрат дільниці.....	14
2.2. Організація та структура ремонтно-відновлювального циклу	18
2.3. Модернізація технології капітального та поточного ремонту КП.....	22
2.4. Регламентація технологічного процесу відновлення агрегатів	27
2.5. Висновки за розділом.....	29
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК СТЕНДА-КАНТУВАЧА КОРОБОК ЗМІНИ ПЕРЕДАЧ.....	30
3.1. Обґрунтування застосування та цільове призначення розробки	30
3.2. Будова та принцип роботи проєктованого стенда-кантувача	31
3.3. Розрахункова перевірка надійності основних вузлів конструкції.....	33
3.4. Основні техніко-експлуатаційні показники стенда.....	39
3.5. Особливості експлуатації стенда в умовах майстерні	40
3.6. Висновки за розділом	41
РОЗДІЛ 4 . ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1. Організаційно-технічні заходи безпеки під час розбирально-складальних та відновлювальних робіт	43
4.2. Забезпечення безпеки на підприємстві.....	45
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ	47
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55

ВСТУП

Сучасний стан агропромислового комплексу характеризується природним старінням машинно-тракторного парку, що зумовлює суттєве зростання кількості мобільної техніки, яка потребує капітального відновлення, масштабного технічного обслуговування та поточного ремонту. У контексті забезпечення експлуатаційної надійності машин та оптимізації витрат на підтримання їхньої працездатності стратегічно важливого значення набувають спеціалізовані виробничі підрозділи. Такі відділення, функціонуючи у структурі майстерень першого та другого рівнів ремонтно-обслуговуючої бази, безпосередньо впливають на якість відновлення складних вузлів та агрегатів сільськогосподарських машин.

Головною метою цієї роботи є підвищення продуктивності агрегатно-механічного відділення сервісного підприємства шляхом впровадження вдосконаленого алгоритму технологічного процесу та застосування уніфікованого допоміжного обладнання.

Для реалізації поставленої мети було визначено низку послідовних дослідницьких кроків. На початковому етапі проводиться розрахунок оптимальної річної виробничої програми та встановлення загальної трудомісткості робіт, пов'язаних із відновленням трансмісійних вузлів. Подальша робота передбачає наукове обґрунтування методів поточного ремонту з урахуванням передових галузевих стандартів та розробку цілісного технологічного циклу, що включає конкретні напрямки інтенсифікації ремонтних операцій.

Окремий блок дослідження присвячений інженерному проектуванню засобів технологічного оснащення, покликаних механізувати найбільш трудомісткі процеси на ділянці.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ АГРЕГАТІВ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

1.1. Обґрунтування архітектурно-технологічної побудови виробничих ділянок

У процесі функціонування мобільних агрегатів їхні ключові конструктивні елементи, зокрема трансмісійні системи, ходові механізми, а також системи управління та гальмування, перманентно піддаються інтенсивним інтегрованим навантаженням. Це неминуче призводить до прогресуючої деградації технічної кондиції та втрати експлуатаційного потенціалу зазначених компонентів. З метою забезпечення відновлення їхніх функціональних показників у структурі інженерно-технічних служб підприємств формуються спеціалізовані виробничі ділянки або відділення. Як правило, вони інтегруються в загальні ремонтні цехи агросервісних підприємств або локалізуються в межах ділянок планового технічного обслуговування на станціях обслуговування автомобілів та тракторів (СТОТ).

Дослідження архітектури ремонтно-експлуатаційної інфраструктури демонструє, що найбільш значне операційне навантаження зосереджується на підрозділах, що здійснюють регенерацію компонентів силової передачі, ходових механізмів та гальмівних систем. Ця закономірність є ідентичною як для СТОА, так і для СТОТ. Подібна тенденція обумовлена економічною доцільністю виконання ремонтно-відновлювальних робіт безпосередньо на виробничій базі. Такий підхід дозволяє суттєво мінімізувати логістичні витрати, пов'язані з транспортуванням агрегатів до профільних ремонтних організацій, та скоротити загальний термін простою техніки.

З метою оптимізації функціонування відповідних структурних підрозділів у ремонтних підприємствах передбачається залучення суміжних виробничих ділянок для регенерації компонентів, зокрема, наплавлення,

механічна обробка, термічна обробка та інші операції. Це забезпечить суттєве скорочення термінів перебування агрегатів у ремонті, а також безпосередньо сприятиме зменшенню сукупної трудоемності виконання операцій на агрегатно-механічних ділянках. Проведений аналіз виробничої діяльності агрегатно-механічних підрозділів демонструє, що їхня функціональна ефективність істотно залежить від координації взаємодії з іншими структурними одиницями ремонтного підприємства. Даний аспект буде детально розглянуто на основі прикладу технологічного планування типового проекту № 816-87 виробничого об'єкта, станції технічного обслуговування автомобілів, розрахованого на обслуговування 200 транспортних засобів, що представлено на рисунку 1.1.

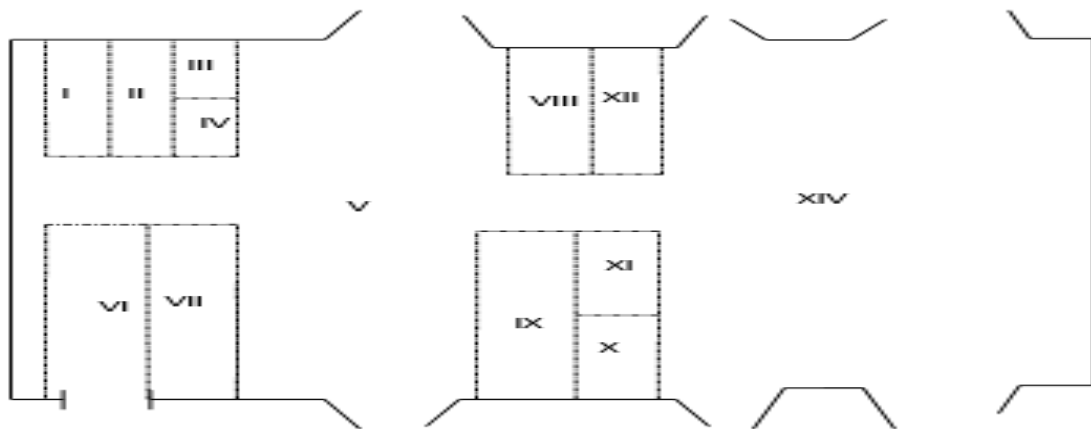


Рис. 1.1. Організаційна схема розміщення виробничих та допоміжних підрозділів підприємства:

I – термічний підрозділ; II – дільниця обробки деревних матеріалів; III – підрозділ обслуговування акумуляторних батарей; IV – дільниця відновлення та ремонту шин; V – підрозділ поточного обслуговування та ремонту автотранспорту; VI – зона нанесення лакофарбових покриттів; VII – механоскладальна дільниця; VIII – підрозділ поточного відновлення силових агрегатів; IX – дільниця ремонту трансмісійних систем; X – підрозділ відновлення систем паливоподачі; XI – дільниця ремонту електротехнічного обладнання; XII – складський комплекс; XIII – дільниця технічного обслуговування; XIV – адміністративно-побутові приміщення

Дослідження представленої схеми технологічного планування майстерні

СТОА дає підстави стверджувати, що підрозділ із поточного ремонту техніки може частково залучатися до безпосереднього відновлення функціональності трансмісійних агрегатів, ходової частини та рульових механізмів безпосередньо на транспортному засобі. Такий підхід дозволяє суттєво мінімізувати терміни перебування машин у неробочому стані.

Водночас слюсарно-механічний сектор бере на себе завдання з механічної обробки компонентів, що дозволяє розвантажити основну агрегатно-механічну дільницю та знизити загальну трудомісткість процесів. Очевидно, що найбільш складні та енергомісткі операції, як-от миття, демонтаж, дефектування, слюсарна підгонка, збирання та фінальна обкатка, концентруються саме на базі агрегатної дільниці. Продуктивність та якість роботи цього підрозділу прямо залежать від раціонального використання виробничих площ, на яких розташовується технологічне устаткування. Детальна інформація щодо структури підрозділів та відповідних площ для розміщення обладнання систематизована у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Структура та просторова характеристика виробничих підрозділів

Позначення виробничого підрозділу	Займана площа, м ²
Деревообробний підрозділ	108,0
Секція технічної діагностики	24,0
Підрозділ з ремонту електротехнічного обладнання	32,4
Акумуляторний відділ	40,4
Ділянка обслуговування систем живлення	20,5
Малярний цех	102,0
Теплотехнічна ділянка	118,0
Секція миття транспортних засобів	24,0
Відділ оперативного ремонту (за запитами)	621,5
Слюсарно-механічний підрозділ	62,7
Ділянка шиномонтажу та ремонту шин	42,7

Вивчення структури та взаємного розташування підрозділів у зоні поточного ремонту майстерні дозволяє зробити висновок, що загальне технологічне планування переважно узгоджується з чинними галузевими нормами. Проте під час детального аналізу було виявлено певні недоліки логістичного характеру. Зокрема, термічний (тепловий) сектор під номером I та слюсарно-механічна дільниця VII територіально віддалені від дільниці з

відновлення трансмісійних агрегатів ІХ.

Роз'єднане розміщення виробничих підрозділів збільшує внутрішні переміщення деталей, що подовжує загальний ремонтний цикл. Якість і ефективність відновлювальних робіт визначаються раціональною організацією праці, обраними технологічними рішеннями та рівнем механізації процесів, який залежить від забезпеченості дільниць необхідним обладнанням. Перелік основного та допоміжного оснащення майстерні наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

**Оснащення та обладнання виробничих дільниць для ремонту
трансмісійних агрегатів**

Функціональні підрозділи та технічне устаткування	Вид	Обсяг
Секція обслуговування та відновлення агрегатів трансмісії		
Стенд для ремонту мостових механізмів	ОРГ-1461-02	1
Настільний свердлильний верстат	2А125	1
Випробувальний стенд для коробок перемикач	КІ-2563	1
Гідравлічний прес	ПГ-450	1
Горизонтально-фрезерний верстат	6Г111	1
Випробувальний стенд для мостових агрегатів	КІ-2169	1
Ємність для зберігання компонентів	ОРГ-1014Б	
Токарно-гвинторізний верстат	1К62	1
Заточувально-шліфувальний верстат	332В	1
Шафа для зберігання вимірювальних приладів	ОРГ-1468-07	1
Стенд для монтажу та демонтажу коробок перемикач	ОРГ-11460-01	1
Стенд для обслуговування редукторних механізмів	ОРГ-1464-04	
Термічний підрозділ		
Зварювальний трансформатор	СТН-500	1
Шафа для зварювального персоналу	ОРГ-5129	2
Транспортний візок для кисневих балонів	ОРГ-5151	1
Робочий стіл для газозварювальних робіт	ОКС - 7525	1
Робочий стіл для електрозварювальних процесів	ОКС-7523	1
Шафа для зберігання газових балонів	ОРГ-5124	1
Секція механічної обробки та слюсарних робіт		
Горизонтально-фрезерний верстат	6Р81	1
Круглошліфувальний верстат	3Б132	1
Токарно-гвинторізний верстат	16К60	1
Вертикально-фрезерний верстат	6Т13	1
Вертикально-свердлильний верстат	2А135	1

Оцінка даних таблиці 1.2 дозволяє зробити висновок, що наявний парк технічного устаткування не дозволяє досягти комплексного рівня механізації під час відновлення трансмісійних вузлів. Основною причиною такої ситуації є значна номенклатура агрегатів, що надходять до відділення, оскільки кожен тип механізму потребує специфічного оснащення та пристосувань. Відсутність вузькоспеціалізованих засобів механізації змушує збільшувати частку ручної праці, що впливає на продуктивність ремонтних процесів.

1.2. Оцінка технології ремонту трансмісійних вузлів

З метою зменшення тривалості простою техніки в неробочому стані у структурі ремонтних майстерень організовується спеціалізоване відділення, призначене для відновлення агрегатів трансмісії. Функціонування такого підрозділу забезпечує концентрацію ремонтних операцій в одному місці, що дозволяє підвищити ефективність виконання робіт та скоротити втрати часу на транспортування вузлів між різними виробничими зонами. Організаційна структура відділення передбачає наявність окремих робочих місць, зокрема постів для миття та очищення деталей, ділянок комплектування, а також зон виконання слюсарно-ремонтних і складальних операцій.

Технологічний процес відновлення агрегатів трансмісії є багатостадійним і включає низку послідовних операцій. На початковій стадії виконується зовнішнє очищення вузлів від забруднень, мастильних матеріалів і продуктів зносу, що забезпечує можливість подальшої якісної діагностики. Далі здійснюється часткове або повне розбирання агрегатів залежно від характеру пошкоджень і виду ремонту. Наступним етапом є дефектування деталей, під час якого визначається ступінь їх зношення, наявність тріщин, деформацій та інших відхилень від нормативних параметрів. За результатами контролю приймається рішення щодо доцільності відновлення або заміни елементів. Після виконання ремонтних операцій здійснюється складання агрегату та його

обов'язкове випробування, що дозволяє перевірити працездатність і відповідність технічним вимогам.

Особливості відновлення коробок передач визначаються видом ремонту. При капітальному ремонті проводиться повне розбирання агрегату з ретельною перевіркою всіх його складових. У випадку поточного ремонту застосовується частковий демонтаж, що включає зняття кришок, вилок перемикання та інших доступних елементів з метою оцінки їх технічного стану. Контроль здійснюється шляхом вимірювання зазорів, визначення радіального биття валів, аналізу зносу зубчастих передач і шліцьових з'єднань. Виявлені дефекти корпусних деталей усуваються у зварювально-наплавлювальних підрозділах, після чого виконується механічна обробка для відновлення необхідних геометричних параметрів. Складання агрегату проводиться на тому ж робочому місці, що забезпечує зменшення часу на переміщення. Важливою умовою якісного ремонту є недопущення встановлення нових деталей у пару зі зношеними, що особливо актуально для зубчастих передач. Завершальним етапом є стендова обкатка, яка дозволяє перевірити роботу агрегату під навантаженням.

Ремонт карданних передач передбачає виконання операцій з відновлення посадкових поверхонь хрестовин, які піддаються значному зносу в процесі експлуатації. З цією метою проводиться розточування отворів з подальшим встановленням і шліфуванням втулок до номінальних розмірів. Деталі, що мають критичний рівень зношення, зокрема шліцьові з'єднання або отвори вилок, підлягають заміні. Такий підхід забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик вузла та підвищення його надійності.

Відновлення задніх мостів здійснюється із застосуванням спеціалізованого обладнання та інструменту, при цьому особлива увага приділяється збереженню спряжень деталей, що дозволяє мінімізувати обсяг розкомплектування. Дефектні елементи направляються на відповідні ділянки залежно від характеру пошкоджень. Так, отвори, що втратили геометричну точність, піддаються заварюванню з подальшим розточуванням, деформовані

кожухи виправляються із застосуванням пресового обладнання, а зношені посадкові поверхні валів і корпусів відновлюються шляхом наплавлення з наступною механічною обробкою. Контроль якості складання та регулювання ведучих мостів здійснюється на спеціальних випробувальних стендах, що дозволяє забезпечити відповідність вузлів експлуатаційним вимогам.

Проведений аналіз технології ремонту агрегатів трансмісії свідчить, що існуюча система загалом забезпечує виконання основних виробничих операцій і дозволяє підтримувати техніку у працездатному стані. Водночас виявлено, що рівень технічного оснащення та механізації окремих процесів є недостатнім, що може негативно впливати на якість та продуктивність ремонтних робіт. У зв'язку з цим актуальним є питання модернізації обладнання, удосконалення технологічних схем і підвищення рівня механізації виробничих процесів.

1.3. Організація ремонту в агрегатно-механічних дільницях

Оскільки відділення для відновлення трансмісійних вузлів є критично важливою частиною загального ремонтного циклу, їх зазвичай розташовують у безпосередній близькості до ремонтно-монтажних цехів. На базі таких підрозділів виконуються як поточні, так і капітальні ремонти агрегатів, проте підходи до їх організації суттєво різняться.

Під час виконання поточного ремонту пріоритет надається незнеособленому методу. Це пояснюється тим, що слюсарно-механічна обробка спрямована на відновлення посадок у конкретних спряженнях, тому розкомплектування деталей є недоцільним задля збереження їхньої приробленості. Через відносно невеликі обсяги робіт у таких випадках застосовується тупиковий спосіб організації, де всі операції проводяться на одному робочому посту.

Капітальний ремонт, навпаки, базується на знеособленому методі. Такий підхід передбачає відновлення деталей до їхніх початкових номінальних

розмірів або повну заміну компонентів, що не підлягають ремонту, на нові вироби. Попри глибину втручання, для підприємств другого рівня ремонтно-обслуговуючої бази характерні порівняно невеликі річні програми, тому агрегати також найчастіше розміщуються на окремих стаціонарних постах. Це свідчить про доцільність використання тупикового способу організації робіт навіть для капітального відновлення в межах таких підрозділів.

1.4. Висновки за розділом

Результати аналізу матеріально-технічного забезпечення та діючих технологічних рішень свідчать про необхідність удосконалення існуючої системи організації ремонтних робіт. Поточний стан виробничих майстерень не повною мірою відповідає вимогам сучасного ремонтного виробництва, що зумовлено недостатнім рівнем оснащення спеціалізованим обладнанням, обмеженою механізацією окремих операцій та нераціональною організацією робочих зон.

У зв'язку з цим доцільним є вдосконалення технології поточного ремонту з метою підвищення якості відновлення агрегатів і скорочення тривалості їх простою. Реалізація цього напряму потребує вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань, зокрема визначення оптимальних річних обсягів ремонтних робіт і загальної трудомісткості процесів відновлення, обґрунтування раціональних методів і способів виконання ремонтних операцій, а також розробки удосконаленої технологічної схеми ремонту. Окрему увагу слід приділити проектуванню спеціалізованої технологічної оснастки для операцій з високою часткою ручної праці, що дозволить підвищити продуктивність і стабільність виконання робіт. Важливим етапом є також визначення необхідної чисельності виробничого персоналу, розрахунок кількості основного обладнання та підбір допоміжних засобів із подальшим раціональним плануванням робочих місць в межах ділянки.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНО-ВІРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ АГРЕГАТНО-МЕХАНІЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ

2.1. Аналіз виробничого навантаження та трудових витрат дільниці

Ефективність функціонування агрегатно-механічного відділення безпосередньо залежить від його приналежності до першого рівня об'єктів ремонтно-обслуговуючої бази. Це передбачає використання власної матеріально-технічної бази для повного циклу відновлення вузлів. Розрахунок виробничої програми ґрунтується на сумарній кількості вантажних автомобілів, закріплених за підприємством, із використанням середньостатистичних показників їх експлуатації.

Першочерговим етапом визначення трудомісткості для спеціалізованої дільниці є розрахунок витрат праці на поточний ремонт (ПР) всього рухомого складу. Структура автопарку за марками та технічно сумісними групами представлена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Структура автопарку за марками та технічно сумісними групами

Модель машини	Кількість, од.
Група ГАЗ (усього)	388
ГАЗ-53-А	262
ГАЗ-52-04	80
ГАЗ-52-07	46
Група ЗІЛ (усього)	83
ЗІЛ-ММЗ-55Н	22
ЗІЛ-130	35
ЗІЛ-133Г2	8
ЗІЛ-138А	18
Група КамАЗ (усього)	46
КамАЗ-5410	22
КамАЗ-5320	18
КамАЗ-55102	6

Для обчислення річної сумарної трудомісткості поточних ремонтів використовується формула: [1, 2]:

$$T_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^{\kappa} 0,001 \cdot S_{oi} \cdot T_{Hi} \cdot N_i, \quad (2.1)$$

Де N_i - кількість одиниць автотранспорту конкретної моделі;

T_{Hi} - нормативний показник трудомісткості ПР на 1000 км пробігу, ($T_{Hi} = 7,24 \text{ люд.} - \text{год.}$);

S_{oi} - середньорічний пробіг однієї одиниці техніки, тис. км.

Таким чином, сукупні трудовитрати на поточне обслуговування для автотранспортних засобів моделі ЗІЛ-130 становлять:

$$T_{\text{сум}}^{\text{ЗІЛ-130}} = 0,001 \cdot 35 \cdot 20000 \cdot 7,24 = 5068 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Подібним чином здійснюється визначення показників трудомісткості для інших типів транспортних засобів рухомого складу, а отримані результати систематизуються та відображаються у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Узагальнені показники трудомісткості поточних ремонтів вантажного автотранспорту

Модель транспортного засобу	Трудомісткість планового технічного обслуговування, людино-годин.	Кількість одиниць автотранспорту	Середньорічний кілометраж пробігу одиниці транспортного засобу, км	Питома трудомісткість ТО на 1000 км пробігу, люд.-год./1000 км)
ЗІЛ-138А	2865,6	18	20000	7,96
КаМАЗ-5410	9996,8	22	32000	14,2
КаМАЗ-55102	3072	6	32000	16,0
ГАЗ-52-04	10416	80	21000	6,2
КаМАЗ-5320	6807,6	18	31000	12,2
ЗІЛ-130	5068	35	20000	7,24
ГАЗ-53	39771,6	262	22000	6,9
ГАЗ-52-07	5989,2	46	21000	6,2
ЗІЛ-133Г2	1280	8	20000	8,00
ЗІЛ-ММЗ-554	3862,3	22	21000	8,36
У підсумку	89129,1	-	-	-

Обчислення загального обсягу трудомісткості робіт, що заплановані до виконання на виробничих об'єктах, здійснюється відповідно до виразу [3, 4]:

$$T_{\text{заг}} = T_0 + T_{\text{доп}}, \quad (2.2)$$

Де $T_{\text{доп}}$ – обсяг трудовитрат на додаткові види робіт, людино-годин;

T_0 – сукупні трудовитрати, що припадають на основні виробничі операції, людино-годин. При цьому показник сумарної трудомісткості основних робіт розраховується за такою формулою:

$$T_0 = T_{\text{ПР}} + T_{\text{Д}}, \quad (2.3)$$

Де $T_{\text{Д}}$ – показник трудомісткості діагностичних робіт, що вимірюється в людино-годинах. Його величина, як правило, становить від 3 до 5 відсотків від загальної трудомісткості робіт для поточного ремонту (ТПР). Відповідно до зазначеної частки (5%), трудомісткість діагностичних робіт обчислюється наступним чином: $T_{\text{Д}} = T_{\text{ПР}} \cdot 0,05 = 89129,1 \cdot 0,05 = 4456,5 \text{ люд.} - \text{год.};$

$T_{\text{ПР}}$ – загальна трудомісткість робіт, необхідних для поточного технічного обслуговування або ремонту автомобілів, що також вимірюється в людино-годинах. Значення даного показника становить 89129,1 людино-годин.

$$T_0 = 89129,1 + 4456,5 = 93585,6 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Загальна трудомісткість додаткових робіт:

$$T_{\text{ДОД}} = T_{\text{об.}} + T_{\text{В.Д.}} + T_{\text{В.ІН.}} + T_{\text{ІН}}, \quad (2.4)$$

Де $T_{\text{В.ІН.}}$ – обсяг трудових витрат, пов'язаних з виробництвом та ремонтом інструментарію та різноманітних пристроїв, люд.-год. ($T_{\text{В.ІН.}} = 0,05 \cdot T_0 = 4679,3 \text{ люд.} - \text{год.};$)

$T_{\text{об.}}$ – трудомісткість операцій з обслуговування та ремонту обладнання, люд.-год. ($T_{\text{об.}} = 0,08 \cdot T_0 = 0,08 \cdot 93585,6 \approx 7486,8 \text{ люд.} - \text{год.};$)

$T_{\text{В.Д.}}$ – обсяг трудових затрат на виготовлення та відновлення окремих компонентів, люд.-год. ($T_{\text{В.Д.}} = 0,05 \cdot 93585,6 = 4679,3 \text{ люд.} - \text{год.};$)

T_{IH} - обсяг трудових витрат на інші види робіт, люд.-год.

$$(T_{IH} = 0,03 \cdot T_0 = 0,03 \cdot 93585,6 = 2807,6 \text{ люд.} - \text{год.})$$

Відповідно, загальна трудомісткість додаткових та допоміжних робіт визначається як сума окремих складових:

$$T_{ДОД} = 7486,8 + 4679,3 + 4679,3 + 2807,6 = 19653 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Сукупна трудомісткість усіх робіт обчислюється згідно з виразом (2.2):

$$T_{ЗАГ} = 93585,6 + 19653 = 113238,6 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Таким чином, для підтримки експлуатаційної готовності транспортного парку підприємства вимагається сумарний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт, який дорівнює 113238,6 людино-годин.

З огляду на те, що в контексті поточного ремонту автотранспортних засобів частка робіт, пов'язаних з агрегатами трансмісії, становить приблизно 30% від загального обсягу трудових витрат, обчислення трудомісткості ремонту цих агрегатів здійснюється за виразом [1]:

$$T_{AT} = \frac{30 \cdot T_{ЗАГ}}{100}, \quad (2.5)$$

Де T_{AT} - позначає річну трудомісткість ремонтних операцій з агрегатами трансмісії, що вимірюється в людино-годинах.

Шляхом підстановки відповідних значень у формулу отримуємо:

$$T_{AT} = \frac{30 \cdot 113238,6}{100} = 33971,6 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Відтак, загальний обсяг трудових витрат, необхідних для ремонту агрегатів трансмісії вантажних автомобілів, становить 33971,6 людино-годин.

Наступним етапом є визначення річної виробничої програми з ремонту агрегатів трансмісії вантажних автомобілів, що здійснюється за допомогою виразу [5]:

$$N_{V.P.} = \frac{T_{ЗАГ}}{t} \quad (2.6)$$

Де t визначає нормативні трудові витрати на виконання однієї типової ремонтної операції для агрегатів трансмісійної системи ($t = 120 \text{ люд.} - \text{год.}$).

$$N_{y.p.} = \frac{33971,6}{120} = 283 \text{ у.р.}$$

За результатами проведених обчислень встановлено, що щорічний обсяг ремонтно-відновлювальних робіт компонентів трансмісійної системи складає 283 умовні ремонтні одиниці.

2.2. Організація та структура ремонтно-відновлювального циклу

Спираючись на визначені у першому розділі методи та підходи ремонту, доцільно розглянути побудову технологічного процесу відновлення агрегатів трансмісії в умовах агрегатно-механічної дільниці. Формування ефективного ремонтно-відновлювального циклу потребує врахування комплексу організаційних та технологічних факторів.

Зняття агрегатів трансмісії з транспортних засобів здійснюється у зоні поточного ремонту на спеціалізованих постах із застосуванням відповідного підйомно-транспортного обладнання. Після демонтажу вузли направляються на операції попереднього очищення, які виконуються на мийних дільницях із використанням спеціалізованого мийного устаткування та хімічних засобів для видалення експлуатаційних забруднень. З урахуванням конструктивних і функціональних відмінностей агрегатів трансмісії організація ремонтного процесу передбачає застосування диференційованих технологічних підходів до їх відновлення. Операції з відновлення зношених поверхонь деталей, зокрема наплавлення, зварювання та інші методи нарощування матеріалу, виконуються на спеціалізованих дільницях термічної обробки. В агрегатно-механічному відділенні, окрім ремонту трансмісій, здійснюється також відновлення елементів рульового керування та шасі, що обумовлює необхідність раціонального зонування виробничих площ і організації відповідних робочих постів. При цьому особлива увага приділяється розміщенню верстатного обладнання, яке забезпечує виконання механічної обробки деталей на

завершальних етапах ремонту.

Технологічний цикл відновлення агрегатів розпочинається з передремонтного діагностування, яке, за наявності технічної можливості, проводиться безпосередньо на транспортному засобі в зоні поточного ремонту. Це дозволяє попередньо оцінити технічний стан вузлів та визначити доцільність їх демонтажу і подальшого відновлення.

У разі надходження агрегату до дільниці за результатами органолептичного діагностування, для уточнення технічного стану та виявлення прихованих дефектів застосовується спеціалізоване контрольно-діагностичне обладнання агрегатно-механічного відділення. Це забезпечує більш точну ідентифікацію пошкоджень та підвищує обґрунтованість прийняття ремонтних рішень. Безпосередньо на дільниці реалізується комплекс відновлювальних операцій, що охоплює ремонт агрегатів, механічну обробку деталей і виконання слюсарно-складальних робіт. Механічна обробка передбачає відновлення посадкових поверхонь, усунення зносу та забезпечення необхідної точності геометричних параметрів, тоді як слюсарні операції включають припасування, притирання та складання вузлів.

Ефективність відновлення значною мірою визначається точністю встановлення характеру дефектів. До найбільш поширених несправностей належать поява сторонніх шумів і вібрацій під час роботи, ускладнення або самовільне вимкнення передач, зношення посадкових поверхонь корпусних елементів і підшипників, пошкодження шліцьових з'єднань, а також деформації та тріщини корпусів і порушення різьбових з'єднань. Усунення виявлених дефектів здійснюється залежно від ступеня їх розвитку. Частина несправностей може ліквідуватися без повного розбирання агрегату, зокрема шляхом заміни ущільнювальних елементів або регулювання окремих механізмів. Водночас значний знос внутрішніх компонентів вимагає повного демонтажу та розбирання вузла з подальшим дефектуванням кожної деталі. Зокрема, наявність витоків мастила, тріщин корпусу або підвищених вібрацій обумовлює необхідність проведення відновлювальних робіт із застосуванням зварювання

та подальшої механічної обробки для відновлення геометричної точності деталей.

Зношування та пошкодження елементів трансмісії мають, як правило, закономірний характер і зумовлюються порушенням умов експлуатації або недотриманням регламентів технічного обслуговування. Інтенсивне стирання робочих поверхонь підшипників і зубчастих зачеплень найчастіше пов'язане з абразивним впливом сторонніх часток, що проникають у вузол внаслідок втрати герметичності ущільнень. У свою чергу, механічні руйнування, зокрема сколи зубів шестерень, виникають через некоректну роботу зчеплення або помилки під час перемикання передач. Особливої уваги потребують шпонкові та шліцьові з'єднання, де збільшення зазорів спричиняє підвищення питомих навантажень і прискорене руйнування контактних поверхонь.

Технологічний процес відновлення агрегатів реалізується як послідовність взаємопов'язаних операцій, що забезпечують поетапне повернення працездатності вузлів. На початковому етапі виконується зовнішнє очищення агрегатів від експлуатаційних забруднень, після чого проводиться їх розбирання на окремі складові. Очищені деталі піддаються повторному миттю з метою повного видалення залишкових відкладень, що дозволяє забезпечити якісне проведення наступного етапу — дефектування. У ході дефектування визначається технічний стан кожної деталі, після чого виконуються операції відновлення або заміни зношених елементів. Завершальними стадіями є комплектування, складання агрегату та його обкатка і випробування на спеціалізованих стендах. Очищення деталей є важливою складовою технологічного процесу, оскільки безпосередньо впливає на якість подальшого дефектування і ремонту. Для видалення масляних, смолистих та асфальто-парафінових відкладень доцільно застосовувати синтетичні мийні засоби типу МС, які поєднують у своєму складі лужні компоненти та поверхнево-активні речовини. Ефективність очищення досягається за рахунок використання водних розчинів концентрацією 15–25 г/л при температурі 75–85 °С, що забезпечує інтенсивне розщеплення забруднень у процесі струминної або циркуляційної

обробки.

Розбирання агрегатів виконується відповідно до встановленої технологічної послідовності із застосуванням спеціалізованого обладнання та пристроїв, що дозволяє мінімізувати ризик пошкодження деталей. Під час демонтажу посаджених елементів використовуються преси, а також інструменти з м'якими робочими поверхнями, зокрема молотки з мідними бойками та виколотки, що забезпечують збереження геометричної точності поверхонь. Важливою умовою є виконання випресовування у напрямку, що відповідає процесу встановлення деталей. Після очищення всі елементи надходять на робоче місце дефектування, де із застосуванням вимірювального інструменту здійснюється оцінка їх технічного стану відповідно до нормативних вимог. За результатами контролю деталі класифікуються на придатні до подальшої експлуатації, такі, що підлягають відновленню, та непридатні, які підлягають заміні або утилізації.

За результатами дефектування всі деталі та вузли класифікуються за технічним станом на придатні, відновлювані та непридатні. Придатні елементи використовуються при подальшому складанні агрегатів без додаткової обробки, непридатні підлягають утилізації або можуть застосовуватися як заготовки, тоді як деталі, що потребують відновлення, передаються на відповідні виробничі дільниці для виконання ремонтних операцій. Оцінювання ступеня зносу здійснюється із застосуванням комплексу вимірювальних засобів, серед яких штангенциркулі, мікрометри, індикаторні та пневматичні прилади, а також калібри і шаблони. Це дозволяє з високою точністю визначити відхилення геометричних параметрів і обґрунтувати вибір методу відновлення.

Відновлення корпусних деталей із тріщинами виконується після попередньої підготовки поверхні, що включає очищення та зачистку зони пошкодження. Зварювання здійснюється електродуговим методом із застосуванням електродів типу ЦЧ-4, ЦЧ-3А, ПАНЧ-11 або в середовищі аргону, після чого проводиться механічна обробка для відновлення початкових розмірів і форми деталі. Різьбові з'єднання відновлюються шляхом нарізання

різьби збільшеного розміру або встановленням ремонтних вставок. Для валів і осей характерними є дефекти у вигляді погнутості та зношення посадкових поверхонь. У разі виявлення деформацій виконується правка на пресовому обладнанні в холодному стані, при цьому допустиме радіальне биття не повинно перевищувати 0,05–0,1 мм. Відновлення посадкових місць під підшипники здійснюється шляхом наплавлення, хромування, залізнення або застосування полімерних матеріалів, зокрема еластомеру ГЕН-150 при зносі до 0,1 мм, що дозволяє забезпечити необхідну точність спряжень.

Комплектування агрегатів виконується із застосуванням селективного підбору деталей за розмірними групами та масою, що забезпечує оптимальне узгодження елементів у вузлі. Усі нові деталі перед встановленням проходять обов'язковий вхідний контроль для перевірки їх відповідності технічним вимогам. Складання агрегатів здійснюється на універсальних стендах із використанням кантувачів, що забезпечує зручність монтажних операцій і підвищує їх точність. Перед встановленням підшипники нагрівають до температури 90–100 °С у водяному або масляному середовищі, що полегшує процес запресовування. Під час монтажу контролюються зазори: між буртиком корпусу і зовнішнім кільцем підшипника — не більше 0,1 мм, а між буртиком і торцем внутрішнього кільця — не більше 0,05 мм.

Контроль якості складання здійснюється шляхом зовнішнього огляду, перевірки роботи механізмів та стендової обкатки без навантаження з подальшими випробуваннями. Завершальним етапом є передача відремонтованих агрегатів в зону поточного ремонту для встановлення на транспортні засоби, де за необхідності проводиться додаткова ступенева обкатка в реальних умовах експлуатації.

2.3. Модернізація технології капітального та поточного ремонту КП

Технологічні процеси обслуговування коробки передач формуються на

основі схем попереджувального (ПР) та капітального (КР) ремонтів, які визначають структуру експлуатаційно-ремонтного циклу агрегату. Попереджувальний ремонт частково інтегрується з регламентом технічного обслуговування ТО-2, однак основний обсяг робіт виконується після демонтажу коробки передач з транспортного засобу.

Послідовність виконання операцій попереджувального ремонту для коробки передач автомобіля КамАЗ представлена у вигляді маршрутної схеми (рис. 2.1), яка відображає логіку проходження агрегату через основні технологічні етапи.

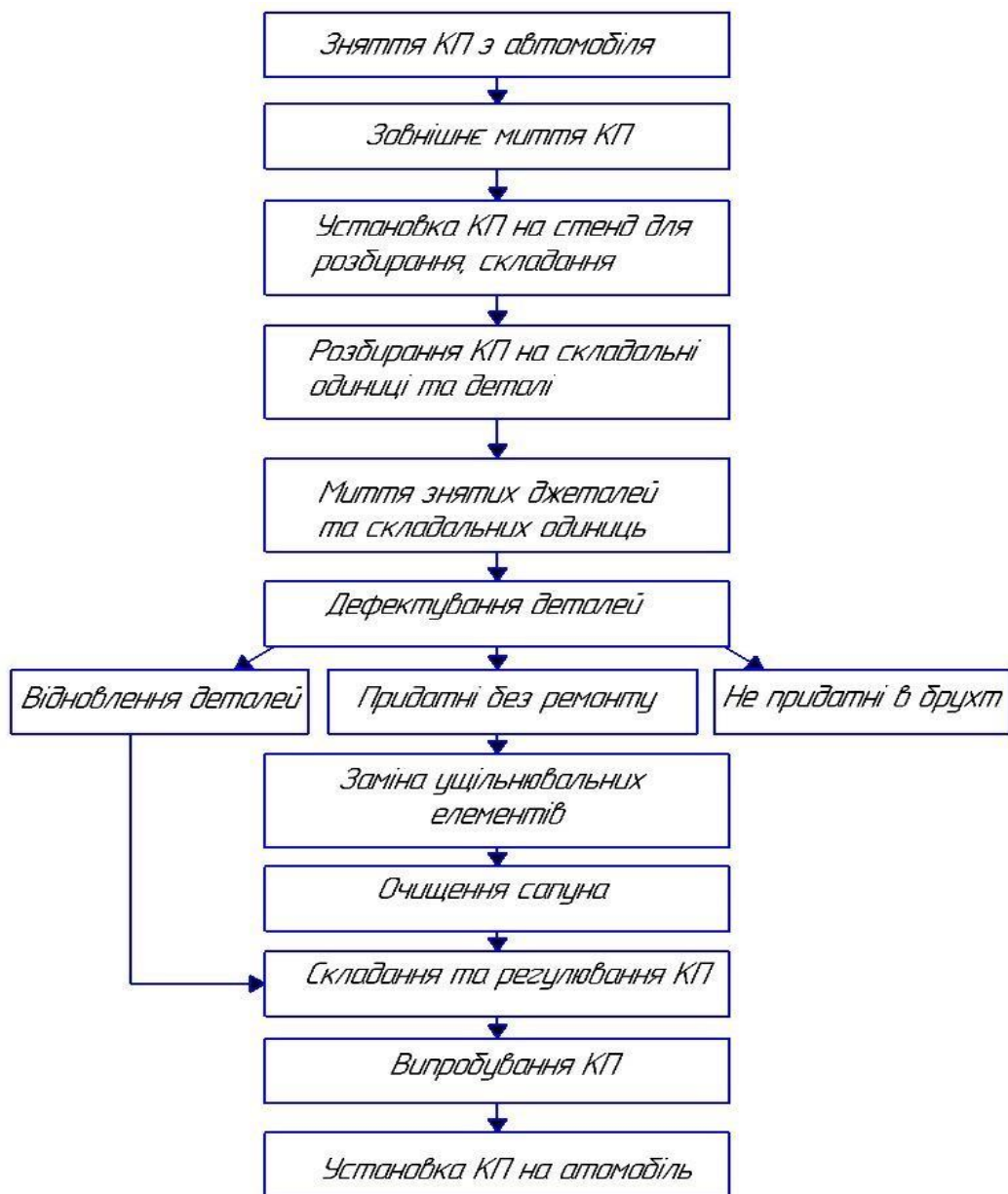


Рис. 2.1. Схема послідовності робіт з профілактичного обслуговування трансмісії (КП) транспортного засобу КамАЗ

Аналізуючи капітальний ремонт, можна сказати, що він на відміну від попереджувального, характеризується більшою глибиною втручання та передбачає відновлення або повну заміну базових деталей, що регламентується відповідною технологічною схемою (рис. 2.2).

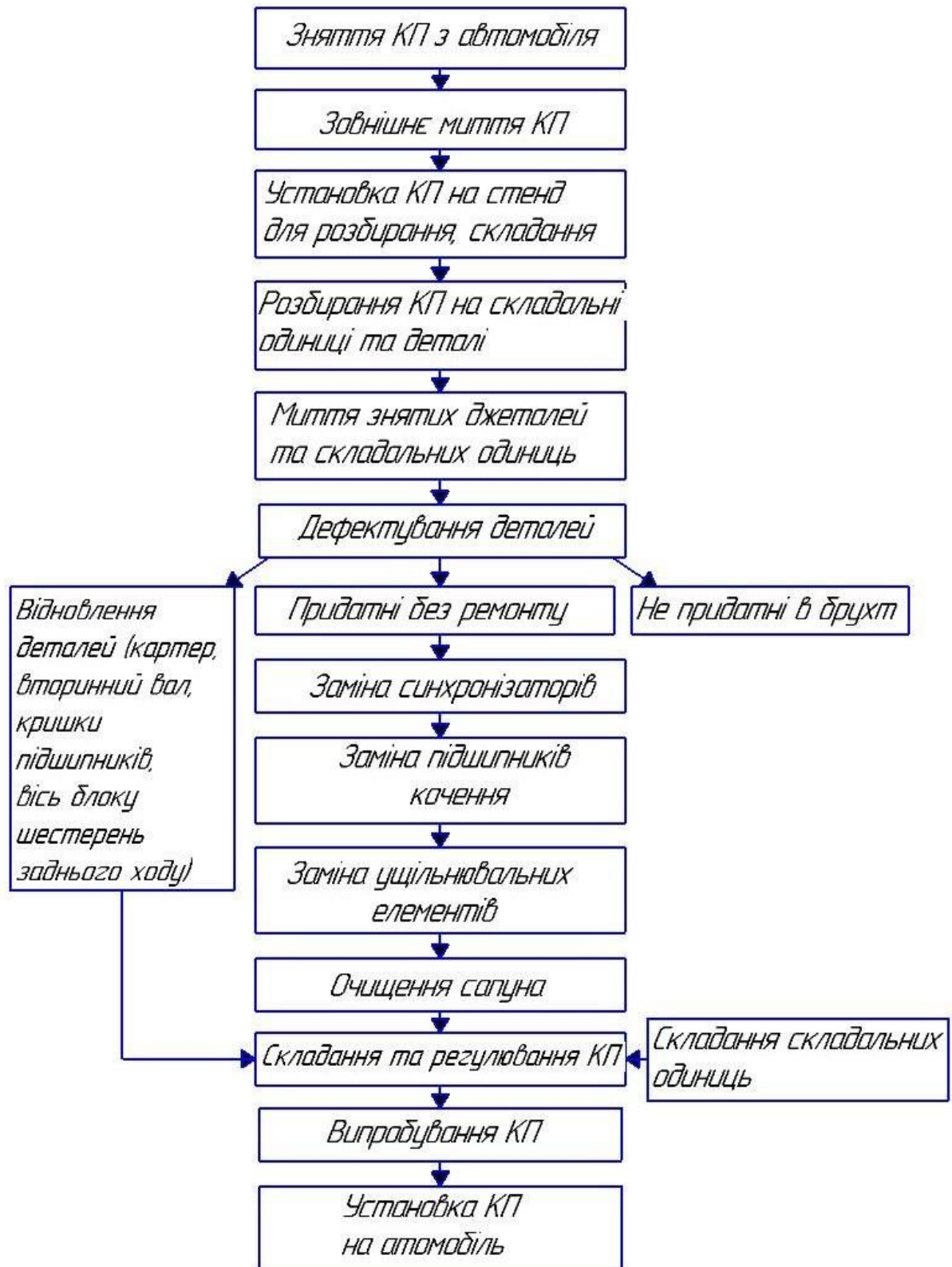


Рис. 2.2. Технологічна схема основного ремонту КПП автомобіля КамАЗ

Аналіз технічного стану вузлів показує, що найбільш навантаженими та схильними до зносу є вторинний вал, картер коробки передач і синхронізатори 4–5 передач. У зв'язку з цим саме ці елементи потребують першочергового та більш детального дефектування з метою своєчасного виявлення пошкоджень і забезпечення надійності роботи агрегату після відновлення.

Типові пошкодження картера коробки передач систематизовані на рис. 2.3. Для усунення тріщин, що не зачіпають посадкові та кріпильні отвори, використовують шліфувальну машинку ІП-2009А для розробки країв, після чого дефекти заварюють дротом ПАНЧ-11 діаметром 1,2 мм. Роботи виконують апаратом А-547У в середовищі вуглекислого газу короткими швами по 20–50 мм із обов'язковим проковуванням одразу після обриву дуги та подальшим зачищенням шва врівень із металом.

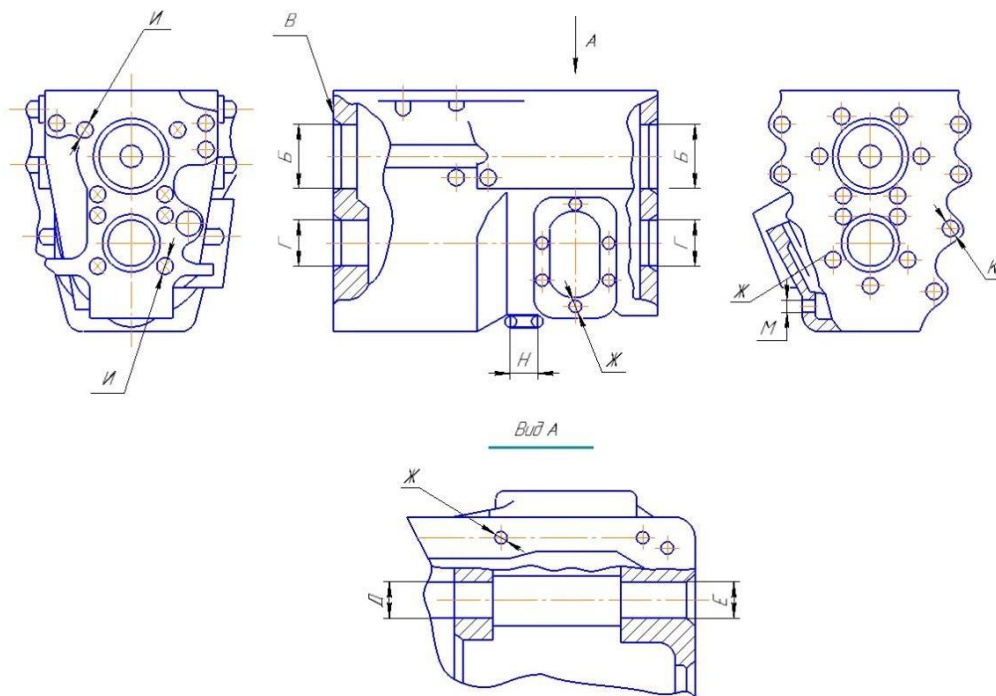


Рис. 2.3. Типові ушкодження корпусу коробки передач

Відновлення посадкових місць під підшипники (дефекти Б і Г на рис. 2.3) здійснюється залежно від величини зносу. Отвори з діаметром до 150,2 мм та 120,2 мм розточують під підшипники ремонтного розміру, а при значному спрацюванні застосовують метод втулкування. Підшипникові гнізда первинного й вторинного валів розточують до $154+0,04$ мм, куди запресовують втулки діаметром $154+0,19/+0,04$ мм із наступним розточуванням до номіналу.

У випадках, коли торцеві площини зазнають значного зносу або деформації внаслідок тривалої експлуатації та взаємодії зі стопорними кільцями опорних підшипників, для корекції геометрії та забезпечення належної площинності поверхні застосовується спеціалізований метод ступінчастого розточування. Цей технологічний підхід дозволяє поетапно видалити пошкоджений шар матеріалу і відновити ідеальну, рівну опорну поверхню.

За подібною методикою здійснюється і реставрація посадочних гнізд проміжного валу, що вимагає точного та послідовного виконання робіт. Процес відновлення цих отворів включає кілька ключових етапів. Детальна та повна послідовність всіх операцій, необхідних для комплексного відновлення картера, всебічно представлена та візуалізована на схемі технологічного процесу, що міститься на рисунку 2.4.

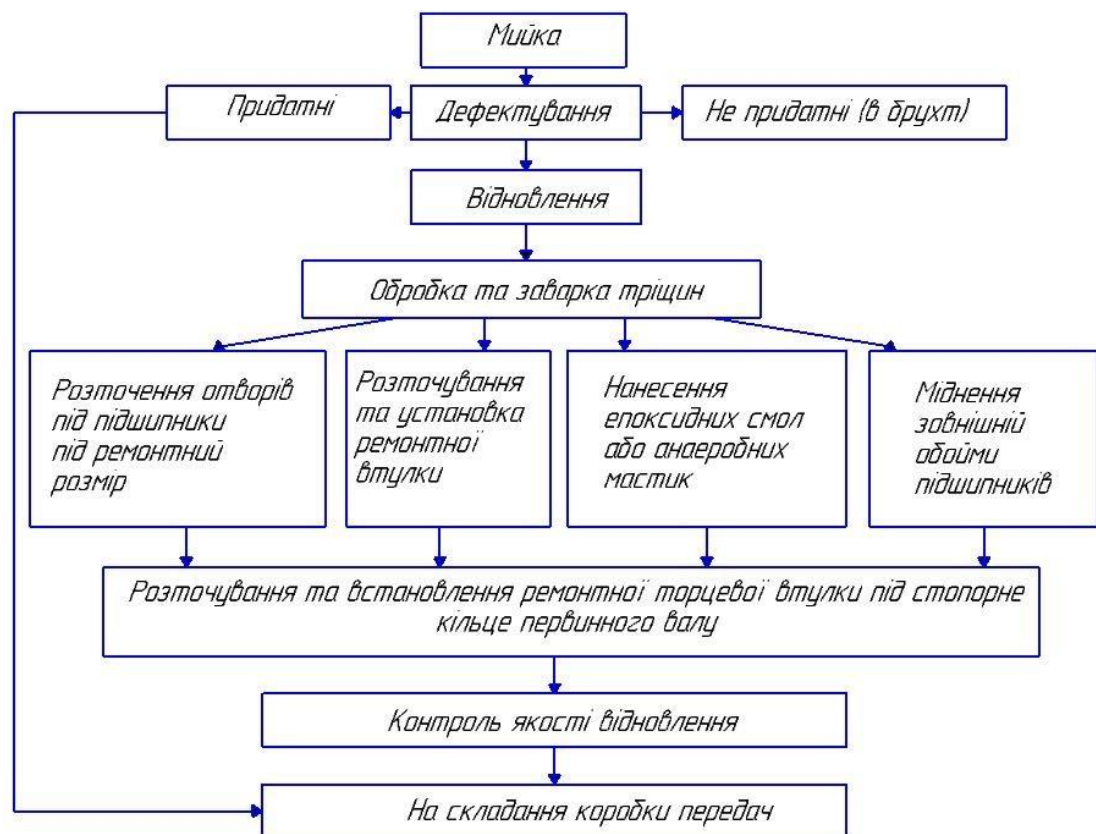


Рис. 2.4. Принципова схема технологічного алгоритму відновлення картерів механізмів зміни передач автотранспортних засобів виробництва КамАЗ

На першому етапі проводиться розточування отвору до збільшеного

діаметра, що становить $124+0,04$ мм, з метою усунення дефектів та підготовки до подальших операцій. Після цього, у підготовлений отвір, що має вказаний розмір, методом пресування встановлюються спеціальні ремонтні втулки, габаритні характеристики яких відповідають $124+0,21/+0,17$ мм. Це забезпечує надійне з'єднання та компенсацію зносу. Завершальним кроком є фінальна механічна обробка отвору, яка дозволяє довести його діаметр та інші параметри до початкових, заводських специфікацій, гарантуючи відповідність вимогам експлуатації

2.4. Регламентация технологічного процесу відновлення агрегатів

Ефективність відновлення працездатності коробок передач значною мірою залежить від якості вхідного контролю їх технічного стану. На початковому етапі застосовується органолептична діагностика, що доповнюється стендовими випробуваннями та обкаткою. Такий комплексний підхід дозволяє точно ідентифікувати причини відмов, оцінити загальний стан агрегату та визначити залишковий ресурс справних вузлів. Обсяг і тривалість наступних відновлювальних операцій безпосередньо корелюють із виявленими під час діагностування дефектами.

Для забезпечення високої точності контрольних-сортувальних робіт на виробничій дільниці створюються спеціалізовані пости дефектування. Вони розподіляються за типами агрегатів трансмісії: коробки передач, ведучі мости та муфти зчеплення. Технологічне планування цієї зони відображено на рис. 2.5, де враховано логістичні потоки між етапами перевірки та комплектування. На пост комплектування спрямовуються придатні деталі, відновлені компоненти та нові запчастини, що замінюють вибракувані елементи.

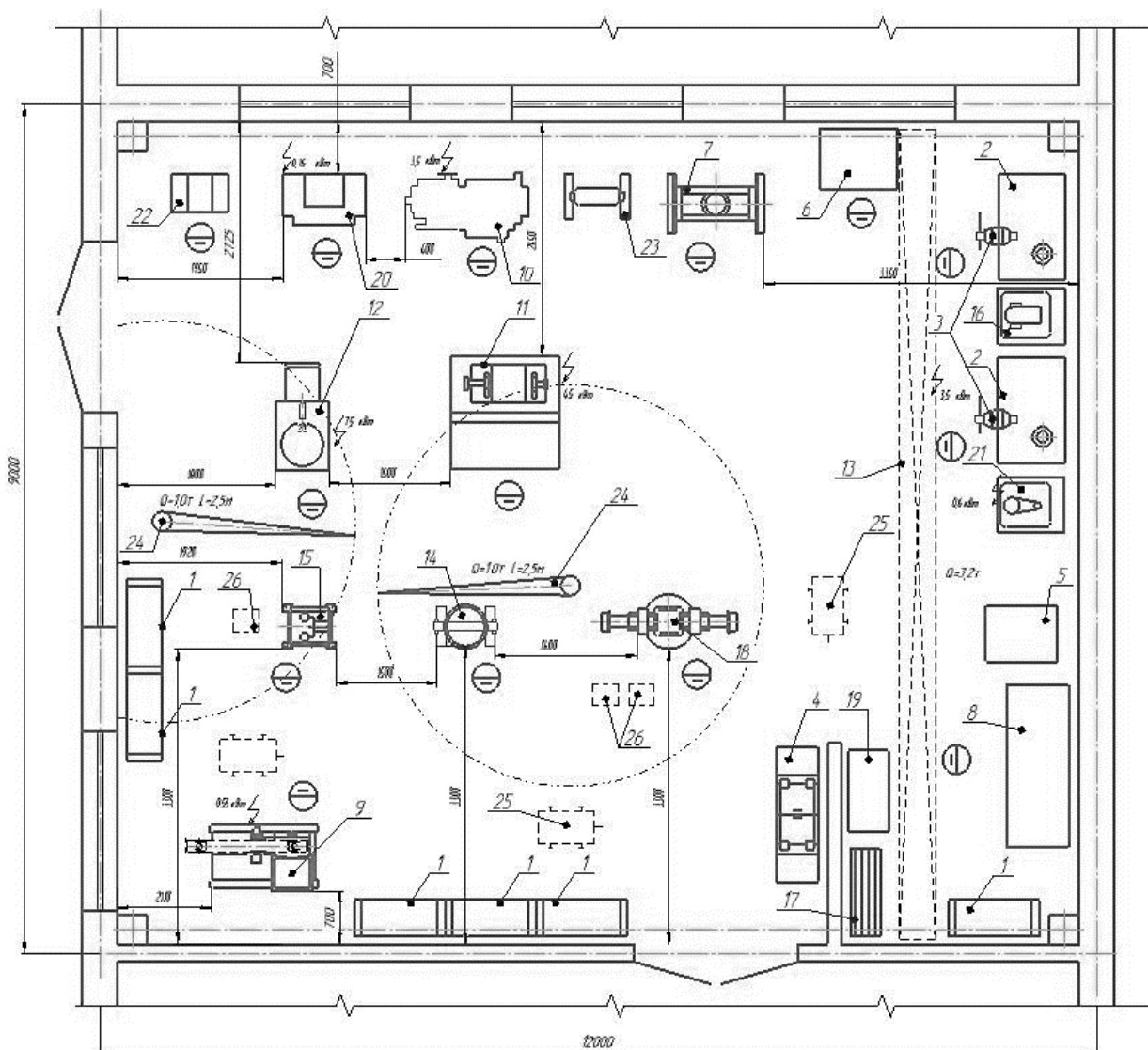


Рис. 2.5. Схема просторової організації виробничого підрозділу для відновлення компонентів трансмісійних систем

Процес складання агрегату завершується обов'язковою обкаткою на стенді, що є критично важливим для забезпечення експлуатаційної надійності. Під час випробувань без навантаження перевіряється плавність ввімкнення передач та відсутність аномальних шумів. Цей етап дозволяє деталям, особливо відновленим, припрацюватися в спряженнях у щадному режимі, що є запорукою збільшення міжремонтного ресурсу.

Реалізація описаного технологічного циклу базується на обґрунтованому виборі обладнання та раціональному плануванні виробничих площ (рис. 2.5). Оскільки вага агрегатів трансмісії зазвичай перевищує 20 кг, робочі місця оснащуються підйомно-транспортними засобами. В межах ділянки передбачено використання кран-балок та консольно-поворотних кранів для

вертикального переміщення, а також вантажних візків для транспортування вузлів між постами. Повний перелік встановленого устаткування систематизовано у відповідних додатках до проєкту.

2.5. Висновки за розділом

Аналіз розроблених рішень щодо вдосконалення організації поточного ремонту трансмісійних агрегатів вантажівок дозволяє стверджувати про доцільність впровадження комбінованого підходу. Даний метод гармонійно поєднує елементи тупикового способу організації робіт із частково знеособленим методом відновлення не базисних деталей. Таке поєднання в сукупності з впровадженням сучасних технологічних процесів регенерації компонентів забезпечує високу ефективність виробничого циклу.

На основі проведених інженерних розрахунків встановлено оптимальну річну програму діяльності, що становить 283 умовні ремонти. Сукупний обсяг трудових витрат для реалізації цього плану складає 33971,6 люд.-год, що стало надійним підґрунтям для подальшого проектування штатного розкладу та специфікації необхідного парку основного технологічного обладнання.

У результаті модернізації технологічного циклу було сформовано структуру відділення з чітким розподілом на спеціалізовані дільниці та робочі пости відповідно до видів ремонтних маніпуляцій. Для кожного підрозділу визначено склад основного та допоміжного устаткування, що гарантує повне технічне забезпечення процесів відновлення. Раціональне розмежування трудомісткості дозволило не лише обґрунтувати загальну чисельність персоналу у кількості 18 фахівців, а й забезпечити їх рівномірне робоче завантаження, виключаючи простой або перевантаження окремих постів.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК СТЕНДА-КАНТУВАЧА КОРОБОК ЗМІНИ ПЕРЕДАЧ

3.1. Обґрунтування застосування та цільове призначення розробки

У процесі технічного обслуговування, поточного та капітального ремонту агрегатів трансмісії автомобілів виникає необхідність виконання значного обсягу розбирально-складальних робіт. Проведення таких операцій часто пов'язане з переміщенням і фіксацією важких вузлів, що потребує додаткових фізичних зусиль та створення зручних умов для роботи слюсаря. Особливої уваги потребує ремонт коробок передач, під час якого необхідно забезпечити вільний доступ до всіх елементів агрегату, можливість його повертання та надійного закріплення у потрібному положенні.

З метою підвищення ефективності виконання ремонтних операцій у роботі запропоновано конструкцію стенда-кантувача, призначеного для проведення розбирально-складальних робіт коробок передач та інших агрегатів трансмісії. Використання такого обладнання дозволяє механізувати процес обертання агрегату, спростити виконання слюсарних операцій і забезпечити більш зручне розташування вузла під час дефектування та складання. Необхідність впровадження розробленої конструкції обумовлена рядом переваг. Насамперед стенд має відносно просту будову, що дає можливість виготовити його безпосередньо в умовах ремонтного підприємства без значних фінансових витрат на придбання промислових аналогів. Крім того, конструкція характеризується універсальністю застосування, оскільки може використовуватись як у майстернях загального призначення, так і на спеціалізованих ремонтних дільницях станцій технічного обслуговування та підприємств із великим обсягом ремонтних робіт.

Важливою перевагою стенда є покращення умов праці ремонтного персоналу. Завдяки можливості змінювати положення агрегату значно

зменшується частка важкої ручної праці, підвищується безпечність виконання операцій та забезпечується зручний доступ до окремих елементів коробки передач. Це, у свою чергу, позитивно впливає на якість виконання ремонтних робіт і точність проведення дефектування деталей. Конструкція стенда також забезпечує можливість роботи з різними типами коробок передач і роздавальних коробок, що підвищує виробничу гнучкість ремонтної дільниці та дозволяє ефективно використовувати обладнання при обслуговуванні різних моделей автомобільної техніки.

Таким чином, застосування розробленого стенда-кантувача є технічно та економічно доцільним рішенням, яке сприяє підвищенню продуктивності ремонтних робіт, зменшенню їх трудомісткості та покращенню організації виробничого процесу в агрегатно-механічному відділенні.

3.2. Будова та принцип роботи проєктованого стенда-кантувача

Проведення капітального ремонту коробок передач супроводжується значною кількістю розбирально-складальних, контрольних та дефектувальних операцій, виконання яких потребує надійного закріплення агрегату та можливості його обертання у процесі ремонту. З метою механізації зазначених робіт у проєкті розроблено конструкцію спеціалізованого стенда-кантувача, призначеного для розбирання, складання та технічного обслуговування коробок передач і суміжних агрегатів трансмісії.

Під час проєктування конструкції основна увага приділялась забезпеченню надійності, зручності експлуатації та зменшенню трудомісткості ремонтних операцій. Конструкція стенда повинна забезпечувати стійкість агрегату в процесі роботи, плавне його обертання, а також створювати безпечні та ергономічні умови праці для ремонтного персоналу. Крім того, важливими вимогами були мінімізація енерговитрат і зниження матеріалоемності конструкції за рахунок раціонального підбору елементів привода та несучих

вузлів.

Принципова схема розробленої моделі станда, що застосовується для ремонтно-відновлювальних робіт з коробками передач, ілюстрована на рисунку 3.1.

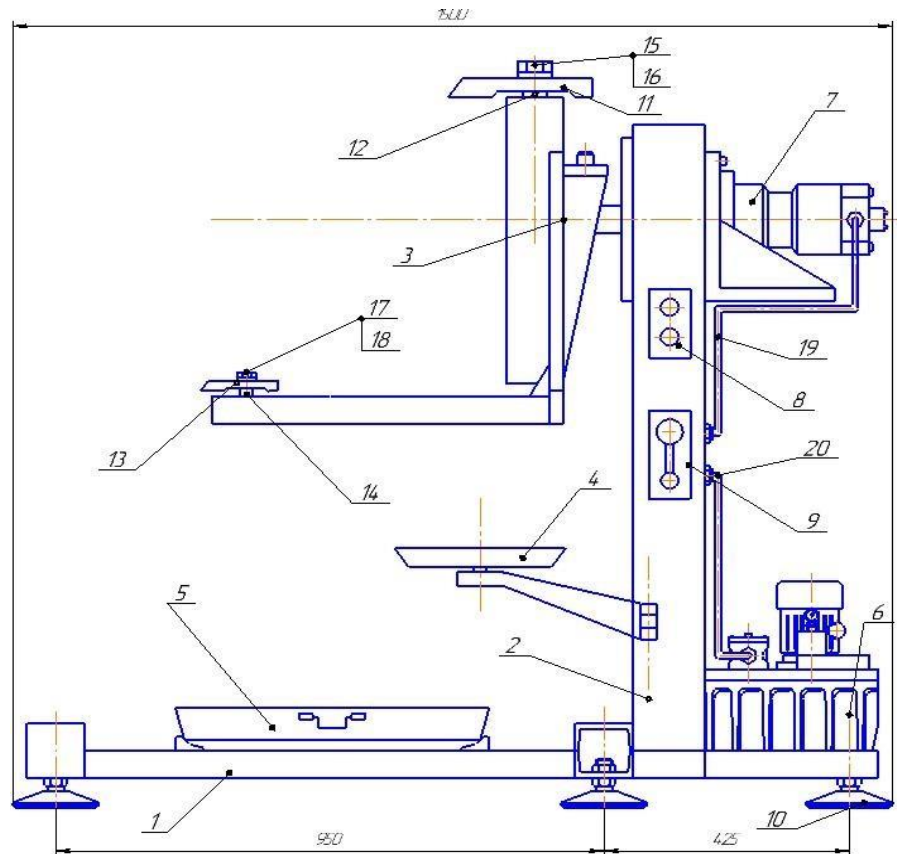


Рис. 3.1. Загальний опис структурного компонування станда-кантувача:

1 – фундаментальна платформа; 2 – привідна колона; 3 – допоміжний рухомий вузол; 4 – контейнер; 5 – резервуар; 6 – насосна станція; 7 – гідравлічний мотор; 8 – пульт керування; 9 – гідророзподільник 10 – опорний елемент; 11 – прихват; 12, 14 – кріпильна шпилька; 13 – притискний елемент; 15, 17 – гайка; 16, 18 – шайба; 19 – гнучкі трубопроводи; 20 – роз'ємні муфти

Стенд являє собою складально-зварну конструкцію, основою якої є жорстка опорна рама. На основі встановлена привідна стійка, у якій розміщено механізм обертання робочого вузла. Основним функціональним елементом станда є супутник, на якому закріплюється коробка передач за допомогою прихватів та прижимів. Така система кріплення забезпечує надійну фіксацію агрегату під час проведення ремонтних операцій. Для збору залишків мастила та технічних рідин у конструкції передбачено спеціальне корито, а для

розміщення дрібних деталей і кріпильних елементів використовується корзина. Це дозволяє підтримувати порядок на робочому місці та спрощує організацію ремонтного процесу. Обертання коробки передач під час розбирання та складання здійснюється за допомогою гідромотора, встановленого на приводній стійці. Живлення гідромотора забезпечується насосною станцією, яка формує необхідний тиск у гідросистемі. Керування роботою стенда виконується оператором через пульт керування, а зміна напрямку обертання здійснюється за допомогою гідророзподільника.

Застосування гідравлічного привода дозволяє забезпечити плавне та рівномірне обертання агрегату без ривків і ударних навантажень. Крім того, використання гідропривода дає можливість компактно розташувати елементи системи, зменшити загальну матеріалоемність конструкції та підвищити надійність роботи стенда в умовах тривалої експлуатації.

Використання розробленого стенда у виробничому процесі сприяє підвищенню продуктивності ремонтних робіт, покращенню умов праці слюсаря та зменшенню часу, необхідного для виконання розбирально-складальних операцій. Це дозволяє підвищити ефективність роботи агрегатно-механічного відділення та забезпечити більш якісне проведення ремонту коробок передач

3.3. Розрахункова перевірка надійності основних вузлів конструкції

З метою забезпечення належного функціонування випробувального стенду протягом його експлуатаційного періоду, а також оптимізації витрат на його виробництво, виникає необхідність у проведенні комплексу розрахунків, які підтверджують його функціональну спроможність. До таких розрахункових процедур належать: аналіз міцності конструктивних елементів, технологічні викладки, а також розрахункові обґрунтування для вибору приводних агрегатів стенду. Потужність електродвигуна, необхідна для приводу стенду, визначається за допомогою виразу [1]:

$$N = \frac{M \cdot n}{9550 \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

Де n – Частота обертання валу випробувального стенда становить 8 об/хв⁻¹;

M – значення крутного моменту на приводному валу стенда дорівнює 950 Н·м;

η – коефіцієнт корисної дії (ККД) передавального механізму становить 0,8.

Розрахункова потужність визначена за наступною формулою:

$$N = 6 \cdot 950 / 9550 \cdot 0,8 = 0,99 \text{ кВт}$$

На підставі отриманого значення розрахункової потужності для забезпечення функціонування приводної системи було здійснено вибір трифазного асинхронного електродвигуна. Обрана модель – 4А102М3У2 – характеризується номінальною потужністю 1,2 кВт та частотою обертання 950 об/хв.

Для забезпечення приводу випробувального стенда було обрано високомоментний гідравлічний двигун планетарної конфігурації моделі МГП-70. Даний агрегат здатен забезпечити обертання трансмісійного механізму з низькою кутовою швидкістю, одночасно генеруючи значний крутний момент, що перевищує 2000 Нм. Виходячи з необхідного робочого об'єму гідравлічного насоса, який становить 70 см³/об, як відповідний компонент системи було обрано шестерний насос типу НШ-70А-3, робочий об'єм якого також дорівнює $V = 70 \text{ см}^3/\text{об}$.

Ключовим елементом, що лімітує експлуатаційну спроможність конструкції випробувального стенду, є вал, призначений для фіксації елементів кріплення трансмісійного агрегату (коробки передач). Цей вал встановлюється в підшипникову опору і одночасно піддається впливу комбінованих навантажень – як крутих, так і згинальних. Зазначені навантаження зумовлені масою трансмісійного агрегату та його ротаційним рухом у процесі виконання операцій збирання та розбирання. Принципова розрахункова схема валу

зображена на рисунку 3.2.

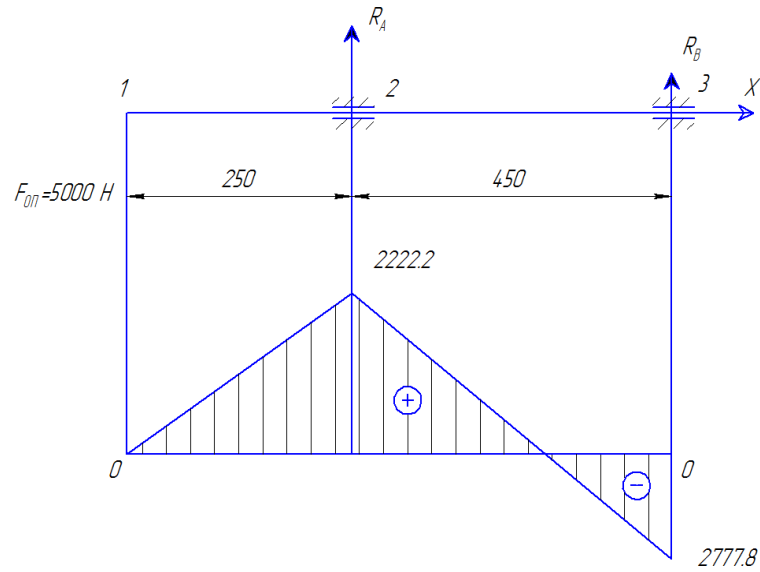


Рис. 3.2. Схематичне представлення валу для обчислень

Визначення опорних реакцій у підшипникових опорах. Рівняння статичної рівноваги для визначення опорних реакцій формуються наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma x &= 0; \\ \Sigma y &= -F_{on} + R_A + R_B = 0; \\ \Sigma M_A &= F_{on} \cdot 250 - R_B \cdot 350 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

З рівняння моментів (3.2) може бути отримана реакція у точці В:

$$R_B = \frac{F_{on} \cdot 250}{350} \quad (3.3)$$

$$R_B = \frac{5000 \cdot 250}{450} = 2777,8 \text{ H}$$

Використовуючи рівняння рівноваги сил по осі У (3.2), величина реакції у точці А розраховується як:

$$R_A = F_{on} - R_B, \quad (3.4)$$

$$R_A = 5000 - 2777,8 = 2222,2 \text{ H}$$

Для аналізу розподілу внутрішніх зусиль здійснюється побудова епюри згинальних моментів. Значення згинальних моментів у характерних перерізах

визначаються наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= 0 \\ M_2 &= F_{on} \cdot 250 = -5000 \cdot 250 = -1250000 \text{ Нмм} \\ M_3 &= -F_{on} (250 + 450) + RA \cdot 450 \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

Таким чином, значення моменту становить:

$$M_3 = -5000 \cdot (250 + 450) + 2222,2 \cdot 450 = -2500010 \text{ Нмм}$$

Критерій міцності елемента при згині, згідно з довідковими даними [11], формулюється як:

$$\sigma_{\max} = M_{z \max} / W_z \leq [\sigma] \quad (3.6)$$

Де W_z - осьовий момент опору перетину при згині, вимірюється у мм³;

$M_{z \max}$ - максимальне значення згинального моменту, що діє на елемент, ($M_{z \max} = 2500010 \text{ Нмм}$);

$[\sigma]$ - допустиме напруження при згині для матеріалу. Для вуглецевої сталі марки 45 допустиме напруження становить 800 Н/мм² (що еквівалентно 80 МПа), згідно з джерелами [1, 11].

Величину осьового моменту опору перетину для круглого вала можна визначити за такою формулою [11]:

$$W_z = \frac{\pi \cdot (d)^3}{32}, \quad (3.7)$$

Де d - діаметр валу у критичному переріз. ($d = 45 \text{ мм}$.)

$$W_z = \frac{3,14 \cdot (45)^3}{32} = 8941,6 \text{ мм}^3$$

Відповідно до виразу (3.6), максимальні напруження становитимуть:

$$\sigma_{\max} = \frac{2500010}{8941,6} = 279,6 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma]$$

Порівняння отриманого максимального напруження з допустимим ($279,6 \text{ Н/мм}^2 \leq 800 \text{ Н/мм}^2$) підтверджує, що критерій міцності на згин для валу діаметром 45 мм, виготовленого зі сталі 45 ГОСТ 1050-74, повністю

задовольняється. Таким чином, проведені розрахунки свідчать про достатню міцність валу і забезпечують його надійну функціональність у складі конструкції стенда.

Притискний механізм, що забезпечує фіксацію коробки передач, є водночас компонентом, який може обмежувати експлуатаційні характеристики конструкції. Згідно з розрахунковою схемою (рис. 3.3), цей елемент піддається згинальним навантаженням.

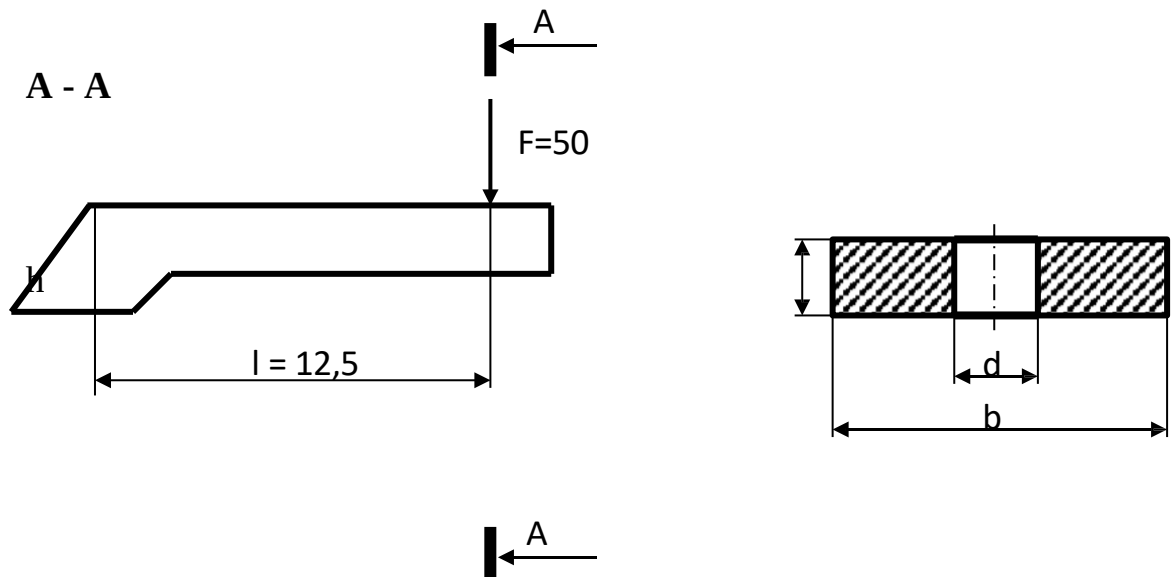


Рис. 3.3. Аналітична модель притискного механізму

Для визначення максимального згинального моменту в поперечному перерізі, враховуючи, що значення прикладеної сили F становить 50 кг (згідно з рис. 3.3) та довжина плеча l дорівнює 11,5 мм, застосовується наступний вираз [11]:

$$M_{max} = l \cdot F, \quad (3.8)$$

$$M_{max} = 12,5 \cdot 50 = 625 \text{ кг} \cdot \text{см},$$

Величина осьового моменту опору поперечного перерізу може бути розрахована за формулою [11]:

$$W = \frac{(b - d) \cdot h^2}{12} \quad (3.9)$$

Де h – визначає висоту зазначеного елемента, см. ($h = 2,5 \text{ см.}$);

b – позначає ширину розглядуваного елемента, см. ($b = 10 \text{ см.}$);

d – відповідає діаметру технологічного отвору, наявного в перерізі, см.
($d = 8,0 \text{ см.}$).

Отже

$$W = \frac{(10-8) \cdot (2,5)^2}{12} = 1,05 \text{ см}^3$$

Розрахунок нормальних напружень у перерізі здійснюється за формулою (3.6)

$$\sigma_{\max} = \frac{625}{1,05} = 595 \text{ Н/мм}^2 \leq 800 \text{ Н/мм}^2$$

Після обчислень отримано значення 595 Н/мм^2 , що менше допустимого граничного напруження 800 Н/мм^2 . Таким чином, умова міцності фіксуючого елемента є дотриманою. Додатково необхідно здійснити контрольний розрахунок заклепувального з'єднання, що забезпечує кріплення бічних елементів. Дане з'єднання передбачає використання восьми заклепок діаметром 20 мм .

Умова міцності з'єднання на зминання [11] визначається наступним виразом:

$$\sigma_{зм.} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot l \cdot n} \leq [\sigma_{зм.}], \quad (3.10)$$

Де d – діаметр заклепки, см., ($d = 2,0 \text{ см.}$);

l – робоча довжина заклепки (ширина бічної стінки), см ($l = 2,5 \text{ см}$);

n – кількість заклепок, ($n = 8 \text{ шт.}$);

F – діюча сила у перерізі (інтегроване зусилля, що охоплює вплив маси коробки передач, маси важеля перемикування та сил від затискачів, $F = 800 \text{ кг.}$;

$[\sigma_{зм.}]$ - гранично допустиме напруження, кг/см^2 ., ($[\sigma_{зм.}] = 350 \text{ кг/см}^2$).

Отже

$$\sigma_{зм.} = \frac{2 \cdot 800}{3,14 \cdot 2,0 \cdot 2,5 \cdot 8} = 12,7 \text{ кг/см}^2 \leq [\sigma_{зм.}]$$

Оскільки отримане значення не перевищує гранично допустимого напруження, умова міцності на зминання вважається виконаною. Міцність з'єднання на зріз формулюється наступним чином:

$$\tau_{zp} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (d)^2 \cdot n} \leq [\tau_{zp}] \quad (3.11)$$

Де $[\tau_{zp}]$ – гранично допустиме напруження на зріз встановлено на рівні 120 кГ/см².

Розрахункове значення напруження зсуву було визначено за наступною формулою:

$$\tau_{zp} = 4 \cdot 800 / 3,14 \cdot (2,0)^2 \cdot 8 = 31,8 \text{ кГ/см}^2 \leq [\tau_{zp}]$$

Оскільки отримане розрахункове значення (31,8 кГ/см²) не перевищує гранично допустимого напруження, умова міцності щодо зрізу вважається задоволеною.

Таким чином, проведені інженерні розрахунки свідчать про те, що розроблена конструкція випробувального стенду є повністю функціональною та відповідає встановленим вимогам.

3.4. Основні техніко-експлуатаційні показники стенда

Для оцінки технічного рівня та експлуатаційних можливостей спроектованого обладнання нижче наведено його ключові характеристики. Стенд поєднує в собі високу вантажопідйомність із плавністю керування, що забезпечується гідравлічною системою. Основні технічні дані стенда для розбирання та складання коробок передач систематизовано в таблиці 3.1.

Дані показники свідчать про те, що стенд має достатній запас міцності та потужності для роботи з агрегатами трансмісії вантажних автомобілів, при цьому залишаючись порівняно компактним для розміщення в умовах ремонтної майстерні. Гідравлічний привід дозволяє точно позиціонувати агрегат, що є критично важливим для дотримання технології складання прецизійних вузлів.

Технічні параметри проєктної конструкції

Допустима норма	Параметр
45±5	Діапазон робочої температури робочого середовища, °С
1,0	Номинальна споживана потужність, кВт
12,5	Номинальний робочий тиск гідравлічного середовища, МПа
Стационарний	Тип розміщення / Виконання
1625x1000x1370	Габаритні розміри (Довжина × Ширина × Висота), мм
20	Номинальний об'єм резервуара, л
Зварна	Тип конструкції / Спосіб з'єднання
1250	Повна маса (нетто), кг
Гідравлічний	Тип приводної системи

3.5. Особливості експлуатації стенда в умовах майстерні

Ефективність проведення розбирально-складальних робіт значною мірою залежить від правильної організації робочого місця та раціонального використання технологічного обладнання. Розроблений стенд-кантувач встановлюється в агрегатно-механічному відділенні майстерні, де забезпечуються належні умови для виконання ремонтних операцій, а також достатній простір для роботи підйомно-транспортного обладнання. Технологічний процес використання стенда розпочинається з транспортування демонтованих агрегатів трансмісії до ремонтної ділянки. Доставка коробок передач та інших вузлів здійснюється за допомогою візків або кран-балки, після чого агрегати тимчасово розміщуються на спеціальних стелажах.

Установлення коробки передач на стенд виконується за допомогою консольно-поворотного крана. Після позиціювання агрегат надійно закріплюється на супутнику стенда прихватами та затискними елементами, що забезпечує його стійкість під час проведення ремонтних операцій. Розбирання та складання агрегатів здійснюється відповідно до технологічних маршрутних карт у визначеній послідовності. Завдяки наявності гідравлічного привода забезпечується можливість плавного повертання коробки передач у необхідне

положення, що значно полегшує доступ до окремих вузлів і підвищує зручність виконання слюсарно-ремонтних робіт. Демонтовані деталі та вузли після розбирання розміщуються у спеціальних контейнерах або корзинах для подальшого очищення, миття та дефектування. Перед початком складання робоче місце комплектується справними або відновленими деталями, які розташовуються на столах або підставках порядком, зручним для монтажу.

Після завершення складальних робіт відремонтований агрегат за допомогою консольно-поворотного крана знімається зі стенда та встановлюється на транспортний візок для подальшого переміщення до зони монтажу на автомобіль.

Для забезпечення безперебійної роботи стенда за обладнанням закріплюється відповідальний працівник, який контролює технічний стан конструкції, перевіряє рівень робочої рідини в гідросистемі, герметичність рукавів високого тиску та справність елементів привода. Своєчасне технічне обслуговування стенда дозволяє підвищити надійність його експлуатації та забезпечити безпечні умови праці персоналу.

3.6. Висновки за розділом

У результаті виконаного проєктування було розроблено конструкцію стенда-кантувача, призначеного для проведення розбирально-складальних робіт під час ремонту коробок передач та інших агрегатів трансмісії. Використання даного обладнання дозволяє механізувати процес обертання агрегату в ході ремонту, що значно покращує умови праці слюсаря, зменшує фізичне навантаження та сприяє скороченню трудомісткості ремонтних операцій.

Проведені розрахунки підтвердили працездатність і надійність запропонованої конструкції. У ході проєктування було обґрунтовано вибір основних елементів гідравлічного привода, зокрема гідромотора МГП-70 та

насоса НШ-70А-3, які забезпечують необхідний крутний момент і плавність обертання агрегату. Крім того, визначено оптимальні параметри основних конструктивних елементів стенда. Розрахунки показали, що поворотний вал діаметром 45 мм забезпечує необхідний запас міцності при дії максимальних експлуатаційних навантажень. Аналіз технічних та експлуатаційних характеристик стенда свідчить про можливість його ефективного використання як у спеціалізованих ремонтних підприємствах, так і в майстернях загального призначення. Простота конструкції та можливість виготовлення стенда безпосередньо в умовах ремонтної бази дозволяють знизити витрати на придбання промислового обладнання та підвищити ефективність організації ремонтного процесу.

Таким чином, впровадження розробленої конструкції стенда сприяє підвищенню рівня механізації ремонтних робіт, покращенню культури виробництва та забезпеченню більш безпечних і зручних умов праці під час ремонту агрегатів трансмісії.

РОЗДІЛ 4 .

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організаційно-технічні заходи безпеки під час розбирально-складальних та відновлювальних робіт

Відновлення працездатного стану агрегатів трансмісії мобільних машин характеризується високою трудомісткістю та значною різноманітністю технологічних операцій. Така специфіка виробництва вимагає суворого доотримання заходів з охорони праці та промислової безпеки.

Основними небезпечними та шкідливими чинниками, що впливають на персонал, є:

- рухомі вузли механізмів та незахищені частини приводного обладнання;
- захащення робочих зон інструментами, деталями та матеріалами;
- використання несправного або невідповідного технологічного оснащення;
- недостатня освітленість робочих зон;
- вплив токсичних компонентів мастильних та мийних складів.

У ході реалізації технологічного процесу необхідно забезпечувати максимальну ергономіку та безпеку на кожному етапі. Найбільш критичними з точки зору травматизму є розбирально-складальні роботи. При розбиранні різьбових з'єднань за допомогою механізованих гайковертів та викруток обов'язковим є використання головок відповідного розміру. Також необхідно постійно контролювати стан електричних кабелів та пневматичних рукавів, щоб запобігти їх механічному пошкодженню або заплутуванню.

Для безпечного виконання операцій з видалення підшипників, шестерень та втулок слід застосовувати справні знімачі з цілісними лапами та надійним різьбовим механізмом. При роботі на гідравлічних пресах обов'язковою є наявність захисних екранів та спеціальних насадок, що

встановлюються без перекосів. Категорично забороняється поправляти або фіксувати деталі руками безпосередньо в зоні пресування під час руху штока. Слюсарно-ремонтні операції (свердління, нарізання різьби, підгонка) повинні виконуватися лише справним ручним інструментом. Напильники та зубила не повинні мати задирок чи гострих країв на рукоятках, а під час рубання металу працівник зобов'язаний використовувати захисні окуляри.

При відновленні деталей наплавленням робоче місце обладнується місцевою витяжною вентиляцією, а все устаткування підлягає обов'язковому заземленню. Оператор повинен працювати у спеціальному вогнетривкому комбінезоні та захисній масці. Під час механічної обробки (зокрема токарної) необхідно стежити за надійністю кріплення деталі в патроні та гостротою ріжучої кромки різців. Видалення деталі або її вимірювання дозволяється лише після повної зупинки шпинделя. Заточування інструмента проводиться на спеціалізованих верстатах, при цьому працівнику заборонено стояти безпосередньо навпроти заточувального круга.

При демонтажі вузлів трансмісії широке застосування знаходять пресові операції та спеціальні знімачі для видалення підшипників, шестерень, втулок та інших деталей з натягом. Безпека виконання таких робіт забезпечується використанням справного оснащення: лапи знімачів не повинні мати тріщин чи деформацій, а різьбовий механізм має працювати плавно, без заклинювань. Використання гідравлічного преса допускається лише за наявності захисних екранів, що запобігають травмуванню у разі руйнування деталі. Насадки для випресовування повинні відповідати діаметру деталей та встановлюватися суворо без перекосів. Категорично забороняється поправляти або підтримувати деталі руками безпосередньо під час ходу штока преса. Також необхідно регулярно контролювати тиск спрацювання запобіжного клапана гідросистеми.

Для підвищення культури виробництва та скорочення тривалості робіт робоче місце слід укомплектувати допоміжним обладнанням: робочими столами, піддонами, сітчастими корзинами та підставками для тимчасового зберігання знятих деталей.

Відновлення деталей агрегатів трансмісії здійснюється із застосуванням слюсарно-ремонтних та відновлювально-механічних методів, при виконанні яких необхідно дотримуватися встановлених вимог безпеки праці. Під час виконання слюсарних робіт, зокрема підгонки, свердління та нарізання різьби, дозволяється використовувати лише справний ручний інструмент. Зубила, напильники та інші інструменти не повинні мати тріщин, задирок або гострих країв на рукоятках і хвостовиках. При рубанні чи різанні металу працівник зобов'язаний користуватися захисними окулярами для запобігання потраплянню металевих частинок в очі. Виконання наплавлювальних робіт потребує попереднього очищення поверхні деталі від мастила, корозії та інших забруднень. Робоче місце повинно бути обладнане ефективною місцевою вентиляцією, а все електрозварювальне обладнання — надійно заземлене. Оператор повинен працювати у захисній масці, рукавицях та вогнетривкому спецодязі. Балони з технічними газами необхідно зберігати у вертикальному положенні в спеціально обладнаних місцях, захищених від нагрівання та механічних пошкоджень.

При механічній обробці деталей на токарних верстатах особливу увагу необхідно приділяти справності ріжучого інструменту та надійності закріплення заготовки у патроні. Після встановлення деталі ключ патрона слід негайно вилучити. Забороняється виконувати вимірювання, очищення або демонтаж деталі до повної зупинки шпинделя, а також зупиняти патрон руками чи сторонніми предметами. Заточування ріжучого інструменту виконується на спеціалізованих заточувальних верстатах, обладнаних захисними кожухами та витяжною вентиляцією. Під час роботи працівнику забороняється знаходитися безпосередньо навпроти площини обертання абразивного круга через небезпеку травмування у разі його руйнування.

4.2. Забезпечення безпеки на підприємстві

Функціонування ремонтно-обслуговуючого підприємства супроводжується виконанням технологічних процесів, які можуть чинити

негативний вплив на навколишнє середовище. Проведення ремонтних, мийних, зварювальних та фарбувальних робіт пов'язане з утворенням виробничих відходів, викидів шкідливих речовин і забрудненням стічних вод. У зв'язку з цим важливим завданням підприємства є забезпечення екологічної безпеки та дотримання встановлених природоохоронних вимог.

Особлива увага приділяється правильному поводженню з виробничими відходами. Відпрацьовані мастила, гідравлічні рідини, залишки пального та інші небезпечні речовини збираються у герметичні металеві ємності та передаються на спеціалізовані підприємства для подальшої переробки або утилізації. Це дозволяє запобігти потраплянню токсичних речовин у ґрунт і водні ресурси. Контроль екологічних показників транспортних засобів проводиться періодична перевірка токсичності відпрацьованих газів. У разі перевищення допустимих норм експлуатація техніки забороняється до повного усунення виявлених несправностей. Такий підхід дозволяє забезпечити відповідність технічного стану машин вимогам екологічної безпеки.

З метою охорони водних ресурсів на підприємстві застосовуються системи оборотного водопостачання та очисні споруди для очищення виробничих і побутових стічних вод. Використання таких систем сприяє зменшенню споживання води та запобігає потраплянню забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Для зниження рівня шуму та вібрації здійснюється контроль технічного стану механізмів, підшипникових вузлів і вихлопних систем машин. Справний стан обладнання дозволяє зменшити шумове навантаження у виробничих приміщеннях та покращити умови праці персоналу.

Важливим елементом екологічної безпеки є підтримання належного санітарного стану території підприємства. Регулярне прибирання виробничих майданчиків, своєчасне вивезення відходів, озеленення території та благоустрій зон відпочинку сприяють покращенню мікроклімату та створенню безпечних умов праці для працівників підприємства.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

Ключовими показниками даного проєкту є - рівень прибутковості виробничої діяльності, щорічний економічний ефект та строк окупності капітальних інвестицій. Запланована виробнича потужність підрозділу становить 283 одиниці обладнання на рік. Капітальні витрати на обладнання для функціонування зазначеного відділення оцінюються у 550 000 гривень.

У межах цього підрозділу передбачається впровадження інноваційних технологічних процесів, що матимуть суттєвий вплив на собівартість ремонтних робіт з агрегатами, зокрема через експлуатаційні витрати, розрахунок яких здійснюватиметься за відповідним виразом:

$$E_{в.} = Z_{р.} + A + B_{ел.} + B_{рем.} + B_{ін.}, \quad (5.1)$$

Де $B_{рем.}$ видатки на технічне обслуговування та ремонт виробничого устаткування, грн.;

$Z_{р.}$ - фонд оплати праці основного виробничого персоналу, включаючи всі передбачені нарахування, грн.;

$B_{ін.}$ - інші операційні витрати, сума яких становить п'ять відсотків від загальних експлуатаційних витрат, грн.

A - амортизаційні відрахування на основні фонди, грн.;

$B_{ел.}$ вартість спожитої електричної енергії, грн.;

Величина витрат на оплату праці основного виробничого персоналу для базового та проєктного варіантів, з урахуванням усіх відповідних нарахувань, обчислюється за наступною аналітичною формулою:

$$Z_{р.} = Z_{н.ср.} \cdot K_{р.} \cdot 12 + Z_{н.}, \quad (5.2)$$

Де $Z_{н.н.}$ - сума обов'язкових соціальних відрахувань, що нараховуються на фонд оплати праці, виражена у гривнях. (Даний показник розраховується як добуток базової заробітної плати працівника та коефіцієнта 0,22.).

$Z_{н.ср.}$ - середній рівень місячної заробітної плати одного

працівника, грн. ($З_{п.ср.} = 8500 \text{ грн.}$)

$K_{p.}$ - загальна чисельність персоналу, одиниць. (Відповідно до базового сценарію $K_{p.}^b = 12 \text{ чол.}$, згідно з проєктним сценарієм $K_{p.}^n = 18 \text{ чол.}$);

$$З_{p.}^b = 8500 \cdot 12 \cdot 12 + 0,22(8500 \cdot 12 \cdot 12) = 1493280 \text{ грн.}$$

$$З_{p.}^n = 8500 \cdot 12 \cdot 18 + 0,22(8500 \cdot 12 \cdot 18) = 2239920,0 \text{ грн.}$$

Сума амортизаційних нарахувань охоплює витрати, пов'язані зі зносом основних фондів, та калькулюється згідно з певною формулою:

$$A = B_{об.} \cdot H_a / 100 \quad (5.3)$$

Де $B_{об.}$ - облікова вартість основних засобів, виражена у гривнях, що становить 420000 грн.; первісна вартість об'єкта обліку дорівнює 550000 грн.

H_a - норма амортизації, визначена у відсотках, яка складає 21,93%

$$A = \frac{420000 \cdot 21,93}{100} = 92106,0 \text{ грн.}$$

$$A = \frac{550000 \cdot 21,93}{100} = 120615,0 \text{ грн.}$$

Вартість спожитої електроенергії розраховується, відповідно до даних, наведених у таблиці, на основі таких ключових параметрів: сукупного обсягу енергоспоживання технічного устаткування, річної тривалості його функціонування та номінальної потужності освітлювальних систем, задіяних упродовж операційного періоду:

$$B_{ел.} = Q_{ел.} + Ц_{ел.}, \quad (5.4)$$

Де $Q_{ел.}$ - щорічний обсяг споживання електричної енергії, виміряний у кіловат-годинах. Зазначений показник розглядається у двох сценаріях: базовий сценарій, що становить 45000 кВт·год; проєктний сценарій - 70000 кВт·год.

$Ц_{ел.}$ - питома вартість електричної енергії. ($Ц_{ел.} = 1,96 \text{ грн.}$).

$$B_{ел.}^b = 45000 \cdot 1,96 = 88200,0 \text{ грн.},$$

$$B_{ел.}^n = 70000 \cdot 1,96 = 137200,0 \text{ грн.},$$

Витрати, що виникають у процесі поточної експлуатації та призначені

для підтримки належного функціонального стану матеріальних необоротних активів, які входять до складу основних фондів підприємства, сягають тридцяти відсотків від загального обсягу амортизаційних відрахувань. Методика їх обчислення базується на застосуванні наступного чітко визначеного математичного виразу:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100} \quad (5.5)$$

То

$$B_{рем}^o = \frac{88200 \cdot 30}{100} = 26460,0 \text{ грн}$$

$$B_{рем}^n = \frac{120615 \cdot 30}{100} = 36184,5 \text{ грн}$$

Супутні фінансові зобов'язання охоплюють широкий спектр статей, зокрема непрямі, або загальногосподарські видатки, інвестиції в забезпечення необхідним інструментарієм та обладнанням, а також комплекс заходів, спрямованих на гарантування належної охорони праці та дотримання норм протипожежної безпеки. Сумарний обсяг цих додаткових витрат становить п'ять відсотків від загальної величини всіх експлуатаційних витрат підприємства:

$$B_{ін.} = (3_{р.} + A + B_{ел.} + B_{рем.}) \cdot 5/100 \quad (5.6)$$

$$B_{ін.}^o = \frac{(1493280,0 + 92106,0 + 88200,0 + 26460,0) \cdot 5}{100} = 85002,3 \text{ грн}$$

$$B_{ін.}^n = \frac{(2239920,0 + 120615,0 + 137200,0 + 36184,5) \cdot 5}{100} = 126696,0 \text{ грн}$$

Витрати на експлуатацію обчислюються відповідно до співвідношення (5.1):

$$E_{е.}^o = 1493280,0 + 92106,0 + 88200,0 + 26460,0 + 85002,3 = 1785048,3 \text{ грн.}$$

$$E_{е.}^n = 2239920,0 + 120615,0 + 137200,0 + 36184,5 + 126696,0 = 2660615,5 \text{ грн.}$$

Сукупна вартість ремонтних робіт відповідно до формули:

$$C_{нов.} = E_{в.} \cdot 1,02, \quad (5.7)$$

$$C_{нов.}^б = 1785048,3 \cdot 1,02 = 1820749,3 \text{ грн.}$$

$$C_{нов.}^н = 2660615,5 \cdot 1,02 = 2713827,8 \text{ грн}$$

Визначення обсягу ремонтних витрат здійснюється на основі щорічної програми технічного відновлення трансмісійних агрегатів та їхніх модифікованих версій:

$$B_{рем.} = N_{річ.} \cdot B_{од.рем.}, \quad (5.8)$$

Де $N_{річ.}$ — сукупний річний обсяг ремонтних робіт агрегатів трансмісійної системи, який включає:

$N_{річ.}^б$ — базовий запланований обсяг, що становить 186 одиниць ремонту;

$N_{річ.}^н$ — проектний плановий обсяг, що дорівнює 283 одиницям ремонту.

$B_{од.рем.}$ — вартість виконання однієї ремонтної операції, виражена у гривнях.

$$B_{брем.} = 186,0 \cdot 13000 = 2418000,0 \text{ грн.}$$

$$B_{н.рем} = 283,0 \cdot 13000 = 3679000,0 \text{ грн}$$

Сукупний прибуток обчислюється за такою формулою:

$$\Pi_{заг.} = B_{рем.} - C_{нов.}, \quad (5.9)$$

Наведемо приклади розрахунку сукупного прибутку:

$$\Pi_{бзаг} = 2418000,0 - 1820749,3 = 597250,7 \text{ грн.}$$

$$\Pi_{нз} = 3679000,0 - 2713827,8 = 965172,2 \text{ грн}$$

Приріст прибутку обчислюється відповідно до формули, наведеної нижче:

$$\Pi_{одд.} = \Pi_{заг.}^н - \Pi_{заг.}^б \quad (5.10)$$

$$\Pi_{одд.} = 965172,2 - 597250,7 = 367921,5 \text{ грн.}$$

Показник рентабельності визначається як:

$$P = \frac{\Pi_{заг.}}{C_{нов.}} \cdot 100\%, \quad (5.11)$$

$$P^{\delta} = \frac{597250,7}{1820749,3} \cdot 100\% = 32,8\%$$

$$P^n = \frac{965172,2}{2713827,8} \cdot 100\% = 35,6\%$$

Величина терміну окупності інвестицій визначається як:

$$T_o = \frac{C_{об.}}{П_{дод.}}, \quad (5.12)$$

$$T_o = \frac{550000}{367921,5} = 1,5 \text{ року}$$

Зведені дані, отримані в ході техніко-економічної оцінки, представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Аналіз основних показників економічної результативності

Основні показники	Проектний сценарій	Базовий сценарій	Відносне відхилення, % (±)	Абсолютне відхилення (±)
Обсяг капітальних інвестицій, грн.	550000	420000	-	-
Річний обсяг ремонтних робіт, одиниць	283	186	34,2	+97
Вартість одиниці продукції (послуги), грн.	13000,0	13000,0	-	-
Загальні операційні витрати, грн.	2660615,5	1785048,3	33,0	+875567,2
Кількість основного виробничого персоналу, осіб.	18	12	33,3	+6
Повна собівартість виробленої продукції, грн.	2713827,8	1820749,3	33,0	+893078,5
Витрати на обслуговування та ремонт обладнання, грн.:				
- витрати на оплату праці з нарахуваннями	2239920,0	1493280,0	33,3	+746640,0
- амортизаційні відрахування	120615,0	92106,0	23,6	28509,0
- інші супутні витрати	126696,0	85002,3	33,0	+41693,7
- витрати на електроенергію	137200,0	88200,0	36,0	+49000,0
Коефіцієнт рентабельності, %	35,6	32,8	-	+2,8
Приріст прибутку, грн.	367921,5	-	-	-
Сукупний прибуток, грн.	965172,2	597250,7	38,1	+367921,5
Термін окупності інвестицій, років	1,5	-	-	-

У результаті проектування агрегатно-механічної дільниці було досягнуто значного покращення основних техніко-економічних показників. Впровадження нових технологічних рішень та оптимізація робочих процесів забезпечили збільшення річної програми ремонту на 34,2 %. При цьому

очікуваний загальний річний прибуток становить 965172,2 грн, а термін окупності капітальних вкладень складає лише 1,5 року. Такі показники свідчать про високу економічну ефективність проєкту та його повну відповідність сучасним вимогам виробництва.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту обґрунтовано доцільність застосування комбінованого способу ремонту агрегатів трансмісії мобільних машин. Запропонований підхід поєднує переваги тупикової організації виробничого процесу з елементами частково знеособленого методу відновлення деталей, що дозволяє ефективно впроваджувати сучасні технології ремонту та реновації у діяльність агрегатно-механічного відділення.

На основі проведених розрахунків визначено оптимальну річну виробничу програму, яка становить 283 умовні ремонти. Загальна трудомісткість ремонтно-відновлювальних робіт складає 33971,6 люд.-год., що дало можливість обґрунтувати потребу в персоналі, сформувати структуру виробничої дільниці та підібрати необхідне технологічне обладнання. У ході проєктування розроблено раціональну структуру агрегатно-механічного відділення, визначено склад спеціалізованих дільниць і робочих постів, а також підібрано комплекс основного та допоміжного обладнання, необхідного для виконання повного циклу ремонтних операцій. За результатами розподілу виробничих робіт встановлено оптимальну чисельність персоналу дільниці, яка становить 18 працівників. Визначення кількості виконавців для окремих постів забезпечує рівномірне завантаження робочих місць, ритмічність виробничого процесу та підвищення ефективності організації праці.

У проєкті також розроблено конструкцію спеціалізованого стенда-кантувача для розбирання та складання коробок передач. Використання даного обладнання дозволяє механізувати процес обертання агрегатів під час ремонту, покращити ергономічні умови праці, зменшити фізичне навантаження на працівника та скоротити трудомісткість виконання розбирально-складальних операцій. Проведені технічні розрахунки підтвердили працездатність і надійність спроектованої конструкції. На основі аналізу навантажень обґрунтовано вибір елементів гідравлічної системи та визначено критичний діаметр поворотного вала, який становить 45 мм і забезпечує необхідний запас

міцності при експлуатаційних навантаженнях.

Економічна оцінка результатів проєкту підтвердила ефективність запропонованих рішень. Впровадження спроектованої ділянки забезпечує збільшення виробничої потужності на 34,2 %, очікуваний річний прибуток у розмірі 965172,2 грн та термін окупності інвестицій близько 1,5 року. Отримані результати свідчать про практичну цінність, економічну доцільність і перспективність впровадження розроблених технічних рішень у виробничу діяльність ремонтних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ремонт машин. Дипломне проектування. Навчально-методичний посібник / За ред. А. С. Кобця, В. І. Дирди, С. П. Сокола та ін. – Дніпропетровськ : Журфонд, 2016. – 284 с.
2. Рекомендации по реконструкции и техническому перевооружению действующих ремонтно-обслуживающих предприятий [Текст]. – М.: ГОСТНИТИ 1989 – 218 с.
3. Дирда В. І. Проектування сервісних підприємств ремонту машин та агрегатів АПК. Навчальний посібник [Текст] / В. І. Дирда, Є. В. Калганков, П. Т. Мельянцов, та ін.: - Дніпро-вськ : «Герда», 2014.-100 с.
4. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей [Текст]. Книга 1. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Туревский И. С. – М.: ИД «ФОРУМ», 2009 – 432 с.
5. Серый И. С. Курсовое и дипломное проектирование по ремонту машин [Текст] / И. С. Серый, А. А. Смелов, В. Е. Черкун. – М.: Агропромиздат. 1991 – 184 с.
6. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання [підручник] / В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко, Є. В. Калганков та ін. 5 осіб // – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
7. Ремонт машин. Підручник / За ред. О. І. Сідашенка, А. Я. Поліського–Х. : Міськдрук, 2010. – 744 с.
8. Сухарев Э. А. Общая теория капитального ремонта машин [Текст]: Учебное пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно, РГТУ – 2001 – 202 с.
9. Практикум з ремонту машин. / За ред. О. І. Сідашенка, О. В. Тіхонов. – Х. : ХНТУСГ, 2007. – 415с.
10. Тельнов Н. Ф. Ремонт машин [Текст] / Н. Ф. Тельнов. – М. : Азпроимиздат . 1992 – 184 с.
11. Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин [Текст] / Б. Ф. Шор, Р. М. Шнейдорович. – М. «Машиностроение», 1966 – 616 с.