



Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Федоруку Максиму Борисовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236.

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович д.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-44

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Технологічна карта розбирання зчеплення двигуна ЯМЗ-236 – А1;

Технологічна карта дефектації корпусу зчеплення двигуна ЯМЗ-236 – А1;

Технологічна карта складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236 – А1;

Пристосування для розбирання та складання натискного механізму зчеплення двигуна ЯМЗ-236 – А1;

Розрахункова схема пристосування – А1;

Приспосіблення для контролю зчеплення – А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 21.січня 2026р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	11.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Федорук Максим Борисович

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рогатинський Роман Михайлович

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: « Розроблення технологічного процесу ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236. ».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 59 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова дефектація деталей, діагностування, розбирання, складання, регулювання.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	7
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	9
1.1 Особливості будови зчеплення двигуна ЯМЗ.....	9
1.2 Процес дефектування картера зчеплення.....	12
1.3 Конструктивні особливості картеру зчеплення двигуна ЯМЗ-236.....	13
1.4 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення картера зчеплення двигуна ЯМЗ-236.....	15
1.5 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	22
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	24
2.1 Розроблення технологічного процесу розбирання зчеплення двигуна ЯМЗ-236.....	24
2.2 Розроблення структурної послідовності відновлення картера зчеплення	26
2.3 Особливості нормування гальванічних робіт.....	29
2.4 Вибір режимів і нормування технологічних операцій.....	30
2.5 Розроблення технологічного процесу складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236.....	36
2.6 Розрахунок витрат часу на розбирання та складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236.....	39
2.7 Техніко-економічний розрахунок ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236...	41
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....	
3.1 Обґрунтування необхідності розроблення пристосування.....	43
3.2 Будова пристосування.....	44
3.3 Принцип роботи пристосування.....	46
3.4 Розрахунок необхідного зусилля.....	47
3.5 Розрахунок силового гвинта.....	48
3.6 Перевірка силової гайки.....	49
3.7 Розрахунок верхньої поперечини.....	49
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b> .....	51
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236.....	51

	6
4.2 Організаційно-технічні заходи безпечного виконання ремонтних операцій .....	52
4.3 Електробезпека, пожежна безпека та дії працівників у аварійних ситуаціях.....	54
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>56</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>58</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

Надійність автомобільної техніки значною мірою визначається справністю агрегатів силової передачі, які забезпечують передавання крутного моменту від двигуна до ведучих коліс. Одним із найбільш відповідальних елементів трансмісії є зчеплення. Воно забезпечує плавне рушення транспортного засобу з місця, короткочасне від'єднання двигуна від коробки передач під час перемикання передач, а також знижує динамічні навантаження, що виникають у трансмісії за різкої зміни режиму руху.

У процесі експлуатації зчеплення працює в умовах значних механічних і теплових навантажень. Часті цикли вмикання та вимикання, тертя робочих поверхонь, вібрації, ударні навантаження і забруднення спричиняють поступове зношування його деталей. Найхарактернішими несправностями є спрацювання фрикційних накладок, деформація натискного диска, зниження пружності натискних пружин, пошкодження відтяжних важелів, зношування підшипника вимкнення та порушення регулювання механізму. Окрему групу становлять дефекти картера зчеплення, зокрема тріщини, обломи, короблення фланців і збільшення розмірів посадкових отворів.

Несвоєчасне усунення таких несправностей призводить до неповного вимкнення або пробуксовування зчеплення, ускладнення перемикання передач, підвищеного зношування деталей коробки передач і погіршення тягово-динамічних показників транспортного засобу. Тому від якості ремонту зчеплення залежить не лише його ресурс, а й надійність роботи всієї трансмісії.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю вдосконалення технології ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236, обґрунтованого вибору способів відновлення пошкоджених деталей і застосування спеціального оснащення. Раціонально побудований технологічний процес дає змогу скоротити тривалість ремонту, зменшити витрати матеріалів, забезпечити необхідну точність оброблення та підвищити якість складальних операцій.

Важливим напрямом підвищення ефективності ремонту є відновлення деталей замість їх повної заміни. У межах роботи розглянуто усунення тріщин картера зварюванням і відновлення зношених посадкових отворів методом

електролітичного залізнення з подальшим розточуванням до встановлених розмірів. Застосування таких технологій дає можливість повернути деталі працездатний стан за менших витрат порівняно з придбанням нових складових.

Необхідною умовою якісного ремонту є правильне нормування операцій і вибір обладнання. Технологічне оснащення повинно відповідати габаритам деталі, забезпечувати потрібну точність, продуктивність і безпечність виконання робіт. Тому в роботі передбачено вибір слюсарного, зварювального, розточувального та гальванічного обладнання, визначення режимів його роботи, розрахунок основного, допоміжного й штучного часу.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236, який забезпечує відновлення працездатності агрегату, необхідну якість виконання операцій, зменшення трудомісткості та підвищення безпечності ремонтних робіт.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати конструкцію та принцип роботи зчеплення; визначити характерні несправності й дефекти його деталей; розробити послідовність розбирання, дефектації та складання; обґрунтувати технологію відновлення картера; вибрати обладнання, пристосування та інструменти; визначити режими й норми часу ремонтних операцій; оцінити трудомісткість і собівартість ремонту; розробити пристосування для роботи з натискним комплектом; передбачити заходи з охорони праці.

Об'єктом дослідження є технологічний процес ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236.

Предметом дослідження є методи розбирання, дефектації, відновлення, складання та регулювання деталей зчеплення, а також засоби технологічного оснащення, необхідні для виконання ремонтних операцій.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Особливості будови зчеплення двигуна ЯМЗ

Зчеплення забезпечує передавання крутного моменту від двигуна до трансмісії автомобіля та плавне наростання навантаження під час початку руху. Його застосування дає змогу зменшити динамічні навантаження на елементи силової передачі за різкої зміни швидкості руху. Крім того, зчеплення забезпечує короткочасне від'єднання двигуна від трансмісії, що необхідно для зниження ударних навантажень під час перемикання передач у коробці передач. Конструкцію зчеплення двигуна ЯМЗ-236 наведено на рисунку 2.1.

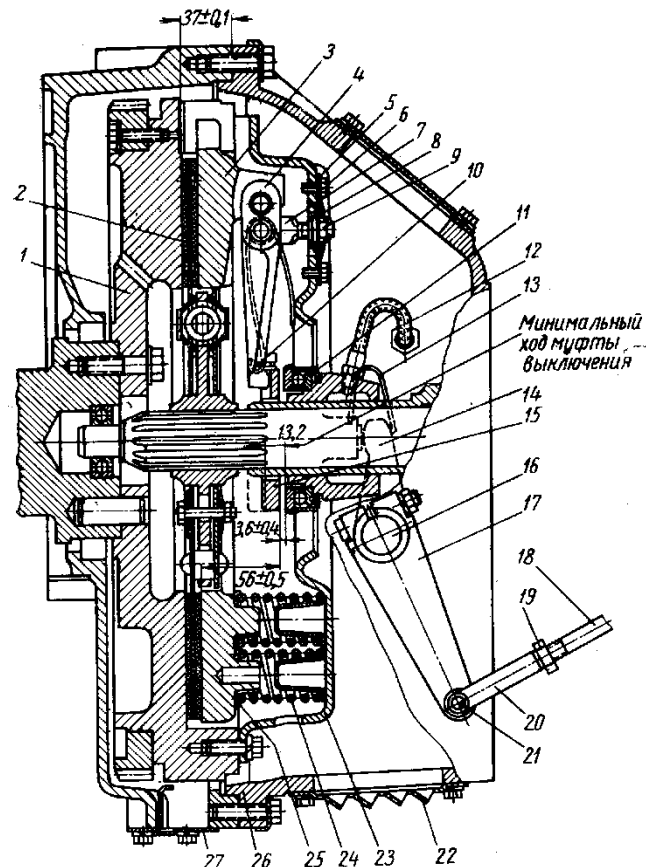


Рисунок – 1.1 – Зчеплення ЯМЗ-236:

1 – маховик; 2 – ведомий диск; 3 – натискний диск; 4 – відтяжний важіль; 5 – опорна пластина; 6 – болт закріплення опорної пластини; 7 – вилка відтяжного важілю; 8 – стопорна шайба; 9 – регулююча гайка; 10 – пружина відтискного важілю; 11 – муфта виключення зчеплення; 12 – шланг подачі змащування до муфти виключення зчеплення; 13 – пружина муфти виключення; 14 – вилка

виключення зчеплення; 15 – упорне кільце; 16 – вал вилки виключення зчеплення; 17 – важіль вала вилки виключення зчеплення; 18 – тяга виключення зчеплення; 19 – контргайка; 20 – вилка; 21 – палець; 22 – кришка люка картера зчеплення; 23 – кожух зчеплення; 24 – натискна пружина; 25 – прокладка пружини; 26 – картер зчеплення; 27 – кришка люка картера маховика.

Зчеплення ЯМЗ-236 однодискове, сухе, фрикційного типу, з периферійним розташуванням циліндрових пружин, встановлено в литому чавунному картері [5].

Передача моменту, що крутить, від колінчастого валу двигуна на вал, пов'язаний з силовою передачею, у однодискового зчеплення здійснюється за допомогою одного відомого диска.

До ведучих елементів зчеплення належать маховик 1 двигуна та натискний диск 3. Натискний диск виготовляють литтям зі спеціального чавуну. На його зовнішній поверхні розміщено чотири рівновіддалені оброблені виступи, які входять у відповідні пази маховика. Таке конструктивне з'єднання забезпечує осьове переміщення натискного диска й одночасно передавання крутного моменту від маховика.

Натискні комплекти зчеплення ЯМЗ-236 попередньої конструкції та ЯМЗ-238К, контрольний розмір яких становить  $56\pm 0,5$  мм, допускається переналагоджувати у спеціальному пристрої, наведеному на рисунку 1.2. Після регулювання цей розмір має становити  $65\pm 0,5$  мм, що дає змогу встановлювати комплект на двигуни з маховиками, призначеними для зчеплень ЯМЗ-236 нової конструкції та ЯМЗ-238. Зворотне регулювання натискних комплектів новішого виконання з розміру  $64\pm 0,5$  мм до  $56\pm 0,5$  мм неможливе через наявність на натискному диску упорів відтяжних важелів.

Натискний комплект нового виконання з контрольним розміром  $64\pm 0,5$  мм допускається встановлювати у зчеплення ЯМЗ-236 попередньої конструкції та ЯМЗ-238К без додаткового доопрацювання. Обов'язковою умовою є застосування муфти вимкнення зчеплення завдовжки 50 мм, тобто укороченої на 10 мм. Така муфта придатна для використання у зчепленнях обох конструктивних виконань. Отже, натискний диск старого зразка може застосовуватися як у попередній, так і в оновленій конструкції зчеплення.

Натомість диск нового виконання, оснащений упорами для відтяжних важелів, установлюють лише в натискний комплект із контрольним розміром  $64 \pm 0,5$  мм.

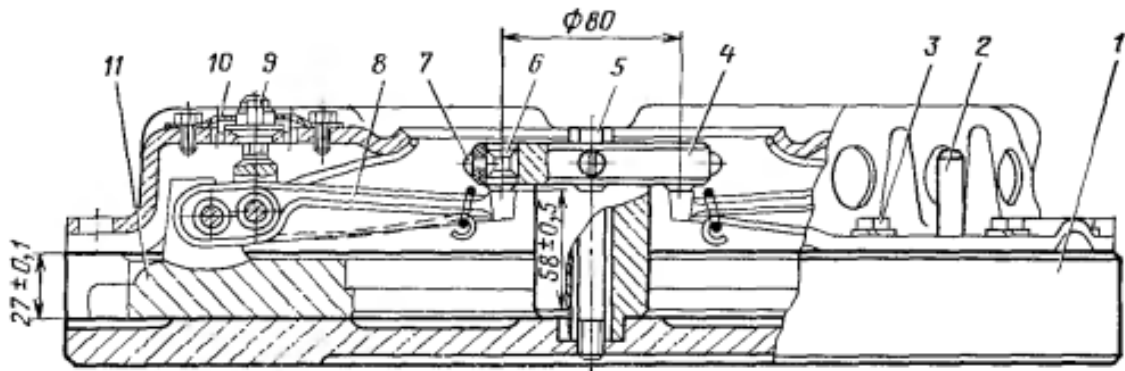


Рисунок 1.2 – Пристосування для складання та розбирання натискного диска з кожухом у складанні:

1 – підставка; 2 – напрямний штифт; 3 – болт закріплення кожуха зчеплення; 4 – оправлення для регулювання положення відтяжних важелів; 5 – болт кріплення оправлення; 6 – наполегливий сухар; 7 – гвинт кріплення сухаря; 8 – відтяжний важіль зчеплення; 9 – регулювальна гайка; 10 – стопорна шайба; 11 – натискний диск зчеплення.

Кожухи дводискових зчеплень ЯМЗ-238 і ЯМЗ-238К мають однакову конструкцію. Від кожуха однодискового зчеплення вони відрізняються лише наявністю різьбових втулок, призначених для встановлення регулювальних болтів. Тому кожух із такою втулкою, але без регулювального болта, може застосовуватися в однодисковому зчепленні ЯМЗ-236.

Передній ведений диск дводискового зчеплення, обладнаний демпферним механізмом, не є взаємозамінним із заднім диском. Відмінність між ними полягає в положенні маточини відносно диска та протилежному розташуванні болтів тарілчастих пружин. У переднього диска подовжена частина маточини спрямована в бік, протилежний виступу демпфера. У заднього диска вона, навпаки, орієнтована в напрямку виступаючої частини демпферного пристрою. Головки болтів тарілчастих пружин на обох дисках розташовані з боку подовженої частини маточини.

Дводискове зчеплення ЯМЗ-236К відрізняється від зчеплення ЯМЗ-238 зменшеним осьовим зусиллям натискного комплекту завдяки меншій кількості натискних пружин, а всі деталі цих зчеплень однакові і повністю взаємозамінні.

Тому всі розібрані вище варіанти комплектації зчеплення ЯМЗ-238 прийнятні і для зчеплення ЯМЗ-236К.

## 1.2 Процес дефектування картера зчеплення

Після розбирання, миття й очищення деталі контролюють та розподіляють за ступенем придатності. Метою такого контролю є визначення рівня зношування деталей, а також можливості їх подальшої експлуатації або відновлення. Первинне виявлення дефектів доцільно здійснювати вже під час розбирання агрегату [2, 4, 6].

За результатами перевірки складають відомість дефектів, яка є основним документом для планування ремонтних і відновлювальних операцій. На її підставі встановлюють потребу в запасних частинах і ремонтних матеріалах, а також визначають загальну вартість ремонту [2, 5].

Під час дефектування деталі поділяють на п'ять груп і позначають фарбою відповідного кольору: придатні до подальшого використання – зеленим; для роботи в парі з новими або відновленими до номінальних розмірів деталями – жовтим; такі, що підлягають ремонту, – білим; такі, що можуть бути відновлені лише на спеціалізованих підприємствах, – синім; непридатні до подальшого використання – червоним. Основні дефекти картера зчеплення наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Карта дефектування картеру зчеплення.

№ з/п	Найменування дефекту	Спосіб контр.	Розміри, мм			Висновок щодо деталі
			Ном.	Доп. без ремонту	Доп. для ремонту	
1	Тріщини на необроблених поверхнях, які не охоплюють отвори під втулки вала вилки вимкнення зчеплення	Візуальний огляд	–	–	–	Відновити заварюванням
2	Тріщини або обломи фланця, що прилягає до картера	Візуальний огляд	–	–	–	Відновити заварюванням

№ з/п	Найменування дефекту	Спосіб контр.	Розміри, мм			Висновок щодо деталі
			Ном.	Доп. без ремонту	Доп. для ремонту	
3	Тріщини та обломи, крім дефектів, зазначених у позиціях 1 і 2	Візуальний огляд	—	—	—	Деталь бракувати
4	Зношування отворів втулок під вал вилки вимкнення зчеплення	Листова пробка 25,2 мм	$25^{+0,065}_{-0,025}$	25,2	Понад 25,2	Відновити заміною втулок
5	Зношування отвору втулки під вал масляного насоса	Листова пробка 14,07 мм	$14^{+0,004}_{-0,016}$	14,07	Понад 14,07	Відновити заміною втулки
6	Зношування отворів під втулки вала вилки вимкнення зчеплення	Листова пробка 28,05 мм	$28^{+0,033}$	28,05	Понад 28,05	Розточити отвори під ремонтний розмір $28^{+0,033}$ мм
7	Зношування отворів під втулки вала масляного насоса	Листова пробка 15,68 мм	$15^{+0,027}$	15,68	Понад 15,68	Розточити отвори під ремонтний розмір $15,89^{+0,027}$ мм
8	Короблення фланця прилягання до картера маховика	Щуп 0,3 мм	—	Зазор до 0,3	Понад 0,3	Відновити проточуванням фланця

### 1.3 Конструктивні особливості картеру зчеплення двигуна ЯМЗ-236

Номер деталі по каталогу	236Б-1601010;
Матеріал деталі	чавун СЧ-32;
Маса деталі	10,0 кг;
Твердість матеріалу	163...229 НВ;
Кількість деталей на вузол	1.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад чавуну СЧ-32, %.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
			не більше			
3,2...3,5	2,0...2,4	0,7...1,1	0,4	0,15	0,15	0,5

Деталь представляє собою корпусну деталь у вигляді відливки (рис.1.3). Обробці піддаються посадочні місця під втулки вала масляного насоса та втулку вала вилки виключення зчеплення.

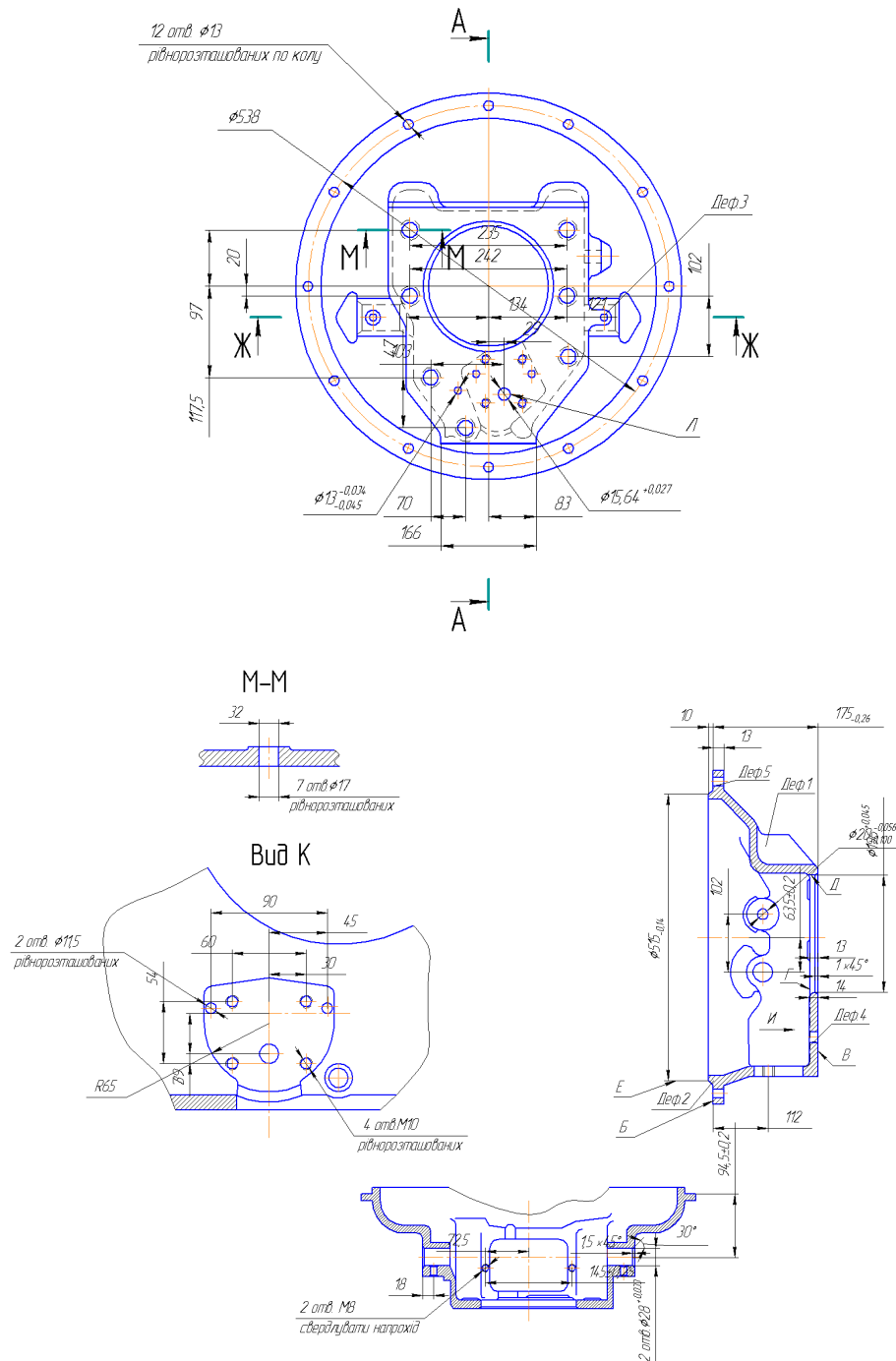


Рисунок 1.3 – Картер зчеплення.

Деталь є технологічною, тому що виготовлення її не потребує спеціального інструменту і обладнання, вимірювального інструменту для контролю оброблених поверхонь при виготовленні і відновленні.

Під час роботи двигуна та його систем інтенсивність зношування деталей визначається впливом абразивних частинок, температурного й навантажувального режимів, вібрацій, деформацій та корозійних процесів [3, 17].

Зношування робочих поверхонь картера зчеплення виникає внаслідок тертя, вібраційних навантажень, корозії та механічних ушкоджень.

#### **1.4 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення картера зчеплення двигуна ЯМЗ-236**

Під час вибору технології відновлення деталей на спеціалізованих ремонтних підприємствах доцільно застосовувати методіку, що ґрунтується на системі взаємопов'язаних критеріїв.

Спочатку аналізують усі технічно можливі способи усунення дефектів, які відповідають критерію застосовності ( $k_t = 1$ ). Із них відбирають варіанти, здатні забезпечити необхідний ресурс відновленої деталі, тобто такі, для яких коефіцієнт довговічності становить  $k_d \geq 0,85$ .

Серед способів, що задовольняють вимоги за довговічністю, перевагу надають технологіям із найбільшим значенням коефіцієнта техніко-економічної ефективності  $k_{т.е}$ . Цей показник характеризує співвідношення продуктивності відновлювального процесу та витрат на його виконання [3].

Далі розглянемо основні технологічно можливі способи усунення дефектів картера зчеплення.

Картер зчеплення двигуна ЯМЗ-236 виготовлений із сірого чавуну СЧ-32, тому під час вибору способу усунення тріщин необхідно враховувати особливості зварювання цього матеріалу. Чавун характеризується підвищеним умістом вуглецю, невисокою пластичністю та схильністю до утворення тріщин у зоні термічного впливу. Нерівномірне нагрівання і швидке охолодження деталі

можуть спричинити виникнення значних внутрішніх напружень, місцеве відбілювання чавуну та погіршення оброблюваності відновленої ділянки.

Для усунення тріщин картера доцільно застосувати холодне напівавтоматичне дугове зварювання без загального попереднього підігрівання деталі. Цей спосіб дає змогу обмежити тепловий вплив на корпусну деталь, зменшити її деформацію та знизити ймовірність утворення повторних тріщин.

Перед зварюванням поверхню картера очищають від мастила, бруду, корозії та інших забруднень. Межі тріщини визначають візуальним або капілярним методом, після чого на її кінцях виконують стопорні отвори. Уздовж пошкодженої ділянки формують V-подібну канавку, видаляючи дефектний метал до повного розкриття тріщини.

Зварювання виконують короткими ділянками завдовжки 20–30 мм із перервами для охолодження. Кожну нанесену ділянку шва доцільно проковувати легкими ударами молотка, що сприяє зменшенню залишкових напружень. Температуру деталі контролюють у процесі роботи, не допускаючи її значного місцевого перегрівання.

Як присадний матеріал використовують зварювальний дріт ПАНЧ-11 діаметром 1,2 мм, призначений для відновлення чавунних деталей. Зварювання проводять постійним струмом зворотної полярності за сили струму 100–140 А та напруги дуги 14–18 В. Після завершення роботи відновлену ділянку повільно охолоджують, зачищають і контролюють на відсутність тріщин, пор, непроварів та інших дефектів.

Застосування напівавтоматичного зварювання дротом ПАНЧ-11 забезпечує достатню міцність відновленої ділянки, обмежує теплову деформацію картера та дає змогу виконувати подальше механічне оброблення зварного шва.

3. Додаткові ремонтні деталі (ДРД) використовують для відновлення елементів зі зношеними посадковими отворами. Орієнтовна послідовність такого ремонту передбачає:

- механічне оброблення зношеної посадкової поверхні;
- запресовування або напресовування ремонтної втулки;

остаточне оброблення втулки до розміру, встановленого ремонтним кресленням.

За потреби передбачають додаткові операції для надійнішої фіксації ремонтної втулки, зокрема зварювання або встановлення штифтів. Матеріал втулки переважно добирають відповідно до матеріалу відновлюваної деталі. Для чавунних деталей ремонтні втулки, як правило, виготовляють зі сталі.

З'єднання ДРД у вигляді втулки або кільця з основною деталлю забезпечують посадкою з натягом. Спряжувані поверхні обробляють за посадкою H7/j6 другого класу точності з шорсткістю  $Ra = 1,25-0,32$  мкм. Зношені отвори відновлюють розточуванням, розсвердлюванням і розгортанням, а під час ремонту різьбових поверхонь – розсвердлюванням. Перед запресовуванням спряжувані поверхні доцільно змащувати машинною оливою, що зменшує ризик заїдання та полегшує встановлення втулки [3].

Якщо з'єднання працює за значних навантажень і високих температур, а деталі виготовлені з матеріалів із різними коефіцієнтами лінійного розширення та монтується з великим натягом, перед складанням охоплювальну деталь нагрівають або охоплювану – охолоджують.

Після встановлення та закріплення ДРД виконують її остаточне механічне оброблення до необхідних розмірів.

Відновлення деталей установленням ДРД є надійним і доступним методом. Водночас він характеризується значною трудомісткістю та вартістю, оскільки потребує попереднього оброблення зношеної поверхні, виготовлення ремонтної деталі, її монтажу, закріплення й подальшої чистової обробки. Крім того, застосування цього способу може знижувати міцність деталей типу валів, особливо за знакозмінних навантажень. Його використання також обмежується конструктивними особливостями та недостатньою товщиною стінок відновлюваної деталі.

Відновлення центрувального отвору картера зчеплення електролітичним натиранням. Електролітичне натирання належить до позаванних способів нанесення гальванічних покриттів. Відновлення робочих поверхонь деталей складної форми у звичайних гальванічних ваннах ускладнюється необхідністю ізоляції значної частини поверхні та застосуванням великогабаритного

обладнання. За позаванного способу локальну електролітичну ванну формують безпосередньо в отворі, який підлягає відновленню.

Для ремонту отвору картера зчеплення, призначеного для центрування коробки передач відносно осі колінчастого вала, за однобічного зношування до 0,6 мм застосовують електролітичне нанесення металевого покриття методом натирання. Технологічна сутність цього способу полягає в наступному.

У відновлюваний отвір установлюють нерозчинний анод, поверхню якого вкривають абсорбувальним матеріалом, після чого надають йому обертального руху. У проміжок між тканиною анода та поверхнею отвору подають електроліт, до складу якого входять сірчана кислота, а також солі заліза, цинку і марганцю. Під дією електричного струму на поверхні деталі формується металевий осад. Розмір зерен, форма й орієнтація кристалів, а отже, і властивості покриття залежать від температури та складу електроліту, а також густини струму. Регулюванням цих параметрів можна одержувати покриття з мікротвердістю в межах 110–190 кгс/мм<sup>2</sup>.

Як аноди використовують сталеві або алюмінієві стрижні, покриті свинцем марки С0, а також елементи, виготовлені з чистого свинцю.

Перед нанесенням покриття поверхню знежирюють органічним розчинником, зачищають абразивним матеріалом, повторно обробляють віденським вапном, що містить по 50 % оксиду магнію та оксиду кальцію, а потім промивають водою.

Надійне зчеплення покриття з основним металом забезпечується за катодної густини струму 40–50 А/дм<sup>2</sup> протягом перших трьох хвилин електролізу. Підвищення цього показника на початковому етапі до 90 А/дм<sup>2</sup> спричиняє істотне зниження міцності з'єднання осадженого шару з поверхнею деталі.

Для електролітичного натирання корпусних деталей із діаметром відновлюваних посадкових отворів 60–200 мм рекомендуються такі технологічні параметри:

частота обертання анода – 100 об/хв;

швидкість подавання електроліту – 60 л/хв;

температура електроліту – 24–35 °С;

густина струму – 60–120 А/дм<sup>2</sup>;

напруга – 6–40 В;

робочий зазор – 1,0–1,5 мм;

кут охоплення поверхні анодом – 360°.

Поверхні, призначені для електролітичного нарощування, необхідно ретельно очищати від мастильних матеріалів, жирових забруднень та оксидів. У гальванічних відділеннях мастило видаляють натиранням сумішами на основі віденського вапна або обробленням у лужних розчинах у спеціальних ваннах.

Порівняно зі звичайним хімічним очищенням ефективнішим є електрохімічне знежирення в нагрітих ваннах. Деталь, яку очищають, переважно підключають як катод, а анодами слугують нікелеві або нікельовані сталеві пластини. Допускається зворотнє підключення деталі як анода або застосування змінного струму. Очищення поверхні відбувається внаслідок інтенсивного виділення бульбашок водню чи кисню, які руйнують і відокремлюють жирову плівку.

Видалення тонкого оксидного шару перед нанесенням покриття називають декапуванням, або анодним травленням. Цю операцію виконують хімічним чи електрохімічним способом. Хімічне декапування сталевих деталей проводять у розчинах, що містять 30–50 г сірчаної або соляної кислоти на 1 л води. У ремонтному виробництві частіше застосовують електрохімічний спосіб. Перед хромуванням або нікелюванням його можна здійснювати безпосередньо в робочій ванні короткочасним, упродовж 30–50 с, перемиканням полярності, за якого деталь виконує функцію анода. За локального нанесення покриттів анодне травлення проводять в окремій ванні. У кислих електролітах катодами слугують свинцеві пластини, а в лужних – залізні.

За результатами аналізу розглянутих критеріїв для усунення тріщин обрано напівавтоматичне дугове зварювання.

Відновлення отворів під втулки вала вилки вимкнення зчеплення та вала масляного насоса здійснюють методом електролітичного залізнення.

1 Електролітичне залізнення. Хімічний склад заліза, отриманого електролітичним способом, визначається властивостями вихідних матеріалів і режимом перебігу електролізу. За стандартних умов процесу із застосуванням

розчинних анодів осаджений метал містить певну кількість домішок, тому за складом наближається до маловуглецевої сталі.

Фізико-хімічні властивості електролітичних залізних покриттів характеризуються такими показниками: кристалічна ґратка – кубічна об'ємноцентрована; густина –  $7,8 \text{ г/см}^3$ ; температура плавлення – близько  $1535 \text{ }^\circ\text{C}$ ; межа міцності невідпаленого заліза –  $735\text{--}776 \text{ МПа}$ ; відносне видовження –  $10\text{--}50 \%$ ; мікротвердість залежно від режиму електролізу –  $1600\text{--}7800 \text{ МПа}$ .

Основні фізико-механічні та експлуатаційні характеристики залізних покриттів, зокрема структура, твердість, пластичність, зовнішній вигляд і стійкість до зношування, можуть змінюватися в широкому діапазоні залежно від умов електролітичного осадження.

Електролітичне залізнення відзначається сприятливими техніко-економічними показниками. Вихідні матеріали й аноди мають невисоку вартість, вихід металу за струмом становить  $85\text{--}95 \%$ , а швидкість формування шару досягає  $0,2\text{--}0,5 \text{ мм/год}$ . Максимальна товщина твердого покриття перебуває в межах  $0,8\text{--}1,2 \text{ мм}$ .

Найбільшого поширення цей спосіб набув у ремонтному виробництві як ефективна технологія відновлення деталей машин та обладнання з незначним ступенем зношування.

Вартість відновлення деталей електролітичним залізненням зазвичай становить  $30\text{--}50 \%$  вартості нових виробів за приблизно однакового рівня зносостійкості.

2 Технологія електролітичного залізнення. У ремонтному виробництві технологічний процес залізнення зношених деталей виконують у визначеній послідовності.

Спочатку в розбирально-мийному відділенні деталі очищають від забруднень і залишків мастильних матеріалів. За незначного та рівномірного зношування, якщо на відновлюваній поверхні відсутні глибокі риски, задири й забоїни, механічне оброблення допускається замінити зачищенням абразивним полотном.

Знежирення деталей здійснюють електрохімічним способом або із застосуванням віденського вапна. Склад електроліту для знежирення:

їдкий натр – 30–50 г/л;  
кальцинована сода – 20–30 г/л;  
тринатрійфосфат – 30–50 г/л;  
рідке скло – 5–10 г/л.

Режим електрохімічного знежирення:

температура розчину – 60–70 °С;  
густина струму – 5–10 А/дм<sup>2</sup>;  
тривалість оброблення – 5–6 хв.

Після промивання деталей гарячою водою за температури 70–80 °С виконують анодне травлення.

Склад електроліту для анодного травлення:

сірчана кислота – 365 г/л;  
сірчаноокисле залізо – 5–10 г/л.

Режим анодного травлення:

температура – 18–25 °С;  
густина струму – 50–80 А/дм<sup>2</sup>;  
густина розчину – 1,23 г/см<sup>3</sup>;  
тривалість оброблення – 1–3 хв.

Після травлення деталі послідовно промивають холодною та теплою водою, температура якої становить 50–60 °С.

Промиті й нагріті деталі закріплюють на катодній штанзі ванни залізнення та витримують без подавання струму протягом 10–60 с. За цей час температура поверхні вирівнюється з температурою електроліту, а іони хлору та водню частково активують метал. Після витримування вмикають струм густиною 2–5 А/дм<sup>2</sup> і проводять електроліз упродовж 0,5–1,0 хв. Далі протягом 5–10 хв катодну гуστину струму поступово доводять до заданого рівня. Її невисоке початкове значення забезпечує переважне виділення водню порівняно з осадженням заліза.

Катодний струм і водень виконують відновлювальну дію та завершують активування поверхні, розпочате під час витримування без струму. Поступове підвищення густини струму сприяє формуванню пластичного підшару заліза з невеликими внутрішніми напруженнями. Це забезпечує міцне зчеплення

покриття з основним металом. Для проведення процесу застосовують розчинні аноди, виготовлені з маловуглецевої сталі.

Для запобігання забрудненню електроліту анодним шламом аноди розміщують у чохлах із кислотостійкого матеріалу, зокрема склотканини або вовняної тканини.

Склад електроліту ванни залізнення:

хлористе залізо – 250–300 г/л;

хлористий марганець – 20–30 г/л.

Режим залізнення:

температура електроліту – 25–30 °С;

густина струму – 20–25 А/дм<sup>2</sup>;

густина електроліту – 1,19–1,20 г/см<sup>3</sup>;

водневий показник рН – 1,2–1,4;

тривалість процесу визначається необхідною товщиною покриття.

## **1.5 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра**

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236, спрямованого на відновлення працездатності агрегату, скорочення трудомісткості ремонтних операцій та забезпечення належної якості складання.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

Проаналізувати призначення, будову та принцип роботи зчеплення двигуна ЯМЗ-236, визначити основні несправності й характерні дефекти його деталей.

Розробити технологічну послідовність розбирання, очищення, дефектації та складання зчеплення.

Обґрунтувати способи відновлення картера зчеплення, зокрема усунення тріщин, відновлення зношених отворів та їх остаточне механічне оброблення.

Вибрати обладнання, технологічне оснащення, різальний, допоміжний і вимірювальний інструмент.

Визначити режими виконання зварювальних, розточувальних і гальванічних операцій та розрахувати норми часу.

Оцінити загальну трудомісткість і техніко-економічні показники запропонованого ремонту.

Розробити пристосування для безпечного розбирання, складання та регулювання натискного комплексу зчеплення і виконати перевірні розрахунки його основних елементів.

Сформулювати заходи з охорони праці та безпечної організації ремонтних робі

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розроблення технологічного процесу розбирання зчеплення двигуна ЯМЗ-236

Розбирання зчеплення двигуна ЯМЗ-236 виконують для забезпечення доступу до його деталей, визначення їхнього технічного стану та подальшого проведення дефектації. Роботи здійснюють на спеціалізованому посту після очищення зовнішніх поверхонь агрегату від пилу, мастила й інших забруднень.

Перед початком розбирання зчеплення встановлюють на стійку або монтажний стенд і надійно закріплюють. На кожусі та маховику наносять установочні мітки, які дають змогу зберегти початкове взаємне положення деталей під час наступного складання. Болти кріплення кожуха послаблюють поступово й рівномірно, у діаметрально протилежній послідовності [2, 6]. Це запобігає перекошуванню натискного диска та різкому розвантаженню натискних пружин. Після зняття кожуха демонтують натискний і ведений диски. Ведений диск необхідно знімати обережно, не допускаючи пошкодження фрикційних накладок, шліців маточини та демпферних елементів. Далі розбирають механізм вимкнення зчеплення: знімають муфту з підшипником, вилку, валик і пов'язані з ними деталі. Натискний комплект розбирають у спеціальному пристосуванні, яке забезпечує контрольоване стискання пружин. Після розвантаження механізму послідовно демонтують відтяжні важелі, осі, втулки, пружини та натискний диск. Зняті деталі очищають, маркують і розміщують у технологічній тарі відповідно до їх належності.

Основні операції технологічного процесу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічна послідовність розбирання зчеплення ЯМЗ-236.

№ опер.	Найменування операції	Зміст переходу	Обладнання та інструмент
005	Підготовча	Очистити зовнішні поверхні зчеплення від забруднень	Мийна установка, щітка, обтиральний матеріал

010	Установочна	Установити та закріпити зчеплення на монтажному стенді	Стенд для розбирання зчеплень
015	Розмічальна	Нанести контрольні мітки на кожух і маховик	Кернер, молоток
020	Розбиральна	Рівномірно відвернути болти кріплення кожуха	Комплект торцевих ключів
025	Розбиральна	Зняти кожух із натискним диском та ведений диск	Знімач, монтажний пристрій
030	Розбиральна	Демонтувати муфту, підшипник, вилку та валик вимкнення	Знімачі, ключі, оправки
035	Розбиральна	Розібрати натискний комплект із контрольованим стисканням пружин	Спеціальне пристосування
040	Очищувальна	Очистити, промити та просушити демонтовані деталі	Мийна ванна, стиснене повітря
045	Сортувальна	Розкласти деталі за групами та передати на дефектацію	Технологічна тара, маркувальні бирки



Рисунок 2.1 – Послідовність розбирання зчеплення двигуна ЯМЗ-236.

У процесі розбирання не допускається застосування ударного інструменту безпосередньо по робочих поверхнях деталей. Пружні елементи необхідно розвантажувати поступово, а придатні до повторного використання деталі зберігати комплектно. Після завершення операцій усі складові передають на очищення, контроль і дефектацію.

## 2.2 Розроблення структурної послідовності відновлення картера зчеплення

Послідовність виконання операцій технологічного процесу відновлення картера зчеплення наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Структурна послідовність операцій технологічного процесу відновлення картера зчеплення.

№ опер.	№ пер.	Найменування операції	Зміст операції
005	А	Слюсарна	Розмістити картер зчеплення на слюсарному верстаку
	1		Підготувати тріщину до зварювального відновлення
	Б		Зняти картер із верстака
010	А	Зварювальна	Установити картер на робочому столі зварювальника
	1		Заварити тріщину на ділянці завдовжки 50 мм
	Б		Зняти картер із робочого столу
015	А	Слюсарна	Розмістити картер на слюсарному верстаку
	1		Зачистити поверхню відновленого зварного шва
	Б		Зняти картер із верстака
020	А	Розточувальна	Закріпити картер у пристосуванні розточувального верстата
	1		Розточити отвори під втулки вала вилки вимкнення зчеплення до усунення слідів зношування

№ опер.	№ пер.	Найменування операції	Зміст операції
	2		Розточити отвір під втулку вала масляного насоса до усунення слідів зношування
	Б		Зняти картер із пристосування
025	А	Гальванічна	Установити картер у ванну електролітичного залізнення
	1		Нанести залізне покриття на отвори під втулки вала вилки вимкнення зчеплення та вала масляного насоса
	Б		Вийняти картер із гальванічної ванни
030	А	Розточувальна	Закріпити картер у пристосуванні розточувального верстата
	1		Розточити два отвори під втулки вала вилки вимкнення зчеплення до діаметра $\text{Ø}28^{+0,033}$ мм
	Б		Переналагодити пристосування для оброблення отвору під втулку вала масляного насоса
	2		Розточити отвір під втулку вала масляного насоса до діаметра $\text{Ø}15,64^{+0,027}$ мм
	В		Зняти картер із пристосування
035		Контрольна	Перевірити якість відновлення зношених поверхонь картера зчеплення

Вибір обладнання здійснюють з урахуванням таких основних вимог:

- відповідності робочих параметрів і габаритів обладнання розмірам відновлюваної деталі;
- забезпечення необхідної продуктивності відповідно до річної програми ремонту;
- можливості максимально повного використання обладнання за потужністю та часом роботи;
- мінімальної тривалості оброблення;

найнижчої собівартості виконання операцій;

економічно обґрунтованої відпускної вартості обладнання.

На підставі наведених критеріїв вибрано ремонтно-технологічне оснащення, необхідне для реалізації процесу відновлення картера зчеплення. Перелік обладнання наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Ремонтно-технологічне оснащення для відновлення картера зчеплення.

№	Найменування операції	Обладнання та пристосування	Різальний і допоміжний інструмент	Вимірний інструмент
005	Слюсарна	Слюсарний верстак ОРГ-148-090-А; електрошліфувальна машина з гнучким валом ІЗ-8201	Шліфувальний круг ПП 600×65×305, 14А40-ПСТ1, 7К35 м/с, 1 кл. А	–
010	Зварювальна	Стіл зварника; зварювальний напівавтомат А-547; джерело живлення ВС-300	Зварювальний дріт ПАНЧ-11 діаметром 1,2 мм	–
015	Слюсарна	Слюсарний верстак ОРГ-148-090-А; електрошліфувальна машина з гнучким валом ІЗ-8201	Шліфувальний круг ПП 600×65×305, 14А40-ПСТ1, 7К35 м/с, 1 кл. А	–
020	Розточувальна	Токарно-гвинторізний верстат 1А616; спеціальне установче пристосування	Розточувальний різець 2141-0075 Т15К6	Нутромір 8144-06204Д-50-100
025	Гальванічна	Комплект гальванічних ванн 10578.08; джерело	Електроліт для залізнення	Нутромір 8144-

		живлення ВАКТ 12/6-1600		06204Д-50-100
030	Розточувальна	Токарно-гвинторізний верстат 1А616; спеціальне установче пристосування	Розточувальний різець 2141-0075 Т15К6	Нутромір 8144-06204Д-50-100

### 2.3 Особливості нормування гальванічних робіт

Основною метою технічного нормування є забезпечення сталого підвищення продуктивності праці. Для її досягнення розробляють заходи, спрямовані на виявлення та використання внутрішніх резервів підприємства, скорочення явних і прихованих втрат робочого часу, а також установлення технічно обґрунтованих норм виконання робіт [2, 5, 13]. При цьому враховують ефективність використання наявного обладнання, раціональну організацію робочих місць, удосконалення технологічних процесів і застосування прогресивних прийомів праці.

На нормування гальванічних операцій істотно впливають тривалість осадження металевго шару та значна кількість допоміжних переходів, пов'язаних із підготовкою деталей до нанесення покриття і завершальним обробленням. Частина допоміжних робіт виконується одночасно з основним процесом, тому витрати часу на них окремо до норми не включають.

У зв'язку з багатоперехідністю гальванічного процесу нормування здійснюють відповідно до встановленої технологічної послідовності виконання операцій.

Основний час, необхідний для нанесення на поверхню деталі металевго шару заданої товщини, визначають за формулою:

$$T_o = \frac{1000 \cdot 60h\gamma}{D_k C \eta},$$

де  $h$  – товщина шару покриття на бік, мм;

$\gamma$  – густина металу, г/см<sup>3</sup>;

$D_k$  – катодна густина струму, А/дм<sup>2</sup>;

$C$  – електрохімічний еквівалент, г/Агод;

$\eta$  – вихід металу за струмом, %.

Витрати часу на підготовку поверхонь деталей до нанесення покриття та виконання завершальних операцій після гальванічного оброблення охоплюють основний і допоміжний час, які разом становлять оперативний час.

Під час осадження металу на деталі першої партії працівник може виконувати значну частину допоміжних операцій для наступної партії. Обсяг таких робіт визначається тривалістю анодного травлення, декапування, промивання, нагрівання деталей, витримування без струму, ввімкнення струму та поступового доведення його до робочого значення. До цього часу також належать операції після нанесення покриття: уловлювання електроліту, промивання та нейтралізація, які виконують під час роботи основної ванни.

До оперативного часу зараховують підготовчі операції, зокрема зачищення, протирання, монтаж, ізоляцію, знежирення віденським вапном і промивання водою, а також завершальні роботи – демонтаж, видалення ізоляції та сушіння деталей [2, 3].

## 2.4 Вибір режимів і нормування технологічних операцій

Операція 005 – слюсарна

Штучний час, необхідний для ручної підготовки тріщини до заварювання, становить:

$$T_{шт} = 4,0 \text{ хв.}$$

Операція 010 – зварювальна

Для заварювання тріщини приймаємо такі параметри режиму:

сила зварювального струму – 100–140 А;

напруга дуги – 14–18 В;

діаметр електродного дроту – 1,0–1,2 мм;

маса наплавленого металу – 245 г.

Основний час виконання зварювальної операції визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{60 \cdot G}{\alpha \cdot I} \cdot A \cdot m = \frac{60 \cdot 24,5}{8,0 \cdot 140} \cdot 1,4 \cdot 1 = 18,3 \text{ хв,}$$

де  $G$  – маса наплавленого металу, необхідного для формування шва, г;

$\alpha$  – коефіцієнт наплавлення,  $\alpha = 8,0$  г/(А·год);

$I$  – сила зварювального струму,  $I = 140$  А;

$A$  – коефіцієнт, що враховує довжину зварного шва,  $A = 1,4$ ;

$m$  – коефіцієнт, що враховує просторове положення шва,  $m = 1$ .

Підставивши вихідні дані, одержимо:

$$T_o = (60 \cdot 245 \cdot 1,4 \cdot 1) / (8,0 \cdot 140) = 18,3 \text{ хв.}$$

Допоміжний час операції охоплює:

час на встановлення деталі:

$$T_{в1} = 0,6 \text{ хв.}$$

час на переміщення зварювальника:

$$T_{в2} = 0,9 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час становить:

$$T_v = T_{в1} + T_{в2} = 0,6 + 0,9 = 1,5 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначаємо за залежністю:

$$T_{оп} = T_o + T_v = 18,3 + 1,5 = 19,8 \text{ хв.}$$

Додатковий час розраховуємо за формулою:

$$T_{дод} = \frac{T_{оп} \cdot k}{100} = \frac{19,8 \cdot 15}{100} = 2,9 \text{ хв.},$$

де  $k$  – частка додаткового часу від оперативного,  $k = 15$  %.

Тоді:

$$T_{дод} = (19,8 \cdot 15) / 100 = 2,9 \text{ хв.}$$

Штучний час виконання зварювальної операції дорівнює:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод} = 19,8 + 2,9 = 22,7 \text{ хв.}$$

015 Слюсарна операція

Штучний час на виконання слюсарної операції, пов'язаної із зачищенням зварного шва, приймаємо:

$$T_{шт} = 2,2 \text{ хв.}$$

020 Розточувальна операція

Припуск на розточування отвору визначаємо за залежністю:

$$Z = (D - d) / 2, \text{ мм,}$$

де  $D$  – кінцевий діаметр розточуваного отвору, мм;

$d$  – початковий діаметр отвору до оброблення, мм.

Для першого переходу величина припуску становить:

$$h = \frac{29,5 - 28,5}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

Аналогічно визначаємо припуск для другого переходу:

$$h = \frac{18,1 - 17,1}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

Необхідну кількість проходів установлюємо за формулою:

$$i = Z / t,$$

де  $t$  – глибина різання, мм.

Початкове значення подачі приймаємо:

$$S = 0,20 \text{ мм/об.}$$

Оскільки оброблювана поверхня має переривчастий характер, значення подачі коригуємо коефіцієнтом 0,75:

$$S_{\phi} = S \cdot 0,75 = 0,20 \cdot 0,75 = 0,15 \text{ мм/об.}$$

За довідниковими даними приймаємо швидкість різання:

$$V = 102 \text{ м/хв.}$$

З урахуванням поправного коефіцієнта фактична швидкість різання становитиме:

$$V = 102 \cdot 0,5 = 51 \text{ м/хв,}$$

де  $K_v$  – поправний коефіцієнт, що враховує фактичні умови оброблення.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d} \text{ об/хв.}$$

Для першого переходу розрахункова частота обертання становить:

$$n = \frac{318 \cdot 51}{28} = 579,21 \text{ об/хв.}$$

Для другого переходу аналогічно отримуємо:

$$n = \frac{318 \cdot 51}{16} = 1013,62 \text{ об/хв.}$$

Відповідно до паспортних характеристик верстата приймаємо найближчі стандартні значення частоти обертання шпинделя:

$$n_1 = 600 \text{ об/хв; } n_2 = 1000 \text{ об/хв.}$$

Основний час виконання переходу визначаємо за формулою:

$$T_o = (L \cdot i) / (n \cdot S), \text{ хв,}$$

де  $L$  – розрахункова довжина оброблюваної поверхні, мм;

$i$  – кількість робочих проходів;

$n$  – частота обертання шпинделя, об/хв;

$S$  – подача інструмента, мм/об.

Розрахункову довжину оброблення встановлюємо за залежністю:

$$L = l + y, \text{ мм,}$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$y$  – величина врізання та перебігу різального інструмента, мм.

Для першого переходу:

$$L_1 = 40 + 2 = 42 \text{ мм.}$$

Для другого переходу:

$$L_2 = 14 + 2 = 16 \text{ мм.}$$

Основний час першого та другого переходів відповідно становить:

$$T_o = \frac{42 \cdot 1}{600 \cdot 0,15} = 0,94 \text{ хв.}$$

$$T_o = \frac{16 \cdot 1}{1000 \cdot 0,15} = 0,11 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на встановлення та зняття картера приймаємо за довідниковими даними:

$$T_{в1} = 1,3 \text{ хв; } T_{в2} = 0,8 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час дорівнює:

$$T_{в} = T_{в1} + T_{в2} = 1,3 + 0,8 = 2,1 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначаємо як суму основного та допоміжного часу:

$$T_{\delta} = T_{\delta 1} + T_{\delta 2} = 1,3 + 0,8 + 0,8 = 2,9 \text{ хв.}$$

Додатковий час операції розраховуємо за формулою:

$$T_{on} = T_o + T_{\delta} = 0,94 + 0,11 + 2,9 = 3,95 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{on} \cdot k}{100} = \frac{3,95 \cdot 8}{100} = 0,32$$

де  $k$  – частка додаткового часу від оперативного,  $k = 8 \%$ .

Підготовчо-завершальний час приймаємо:

$$T_{п.з} = 9 \text{ хв.}$$

Норму штучно-калькуляційного часу на виконання операції 020 визначаємо за залежністю:

$$T_n = T_{on} + T_{ood} + \frac{T_{n.з}}{n} = 3,14 + 0,32 + \frac{9}{19} = 4,74, \text{ хв},$$

де N – кількість деталей у партії, N = 19 шт.

#### 025 Гальванічна операція

Основний час виконання гальванічної операції визначаємо за формулою:

$$t_o \approx 100 \cdot \frac{h}{D_k} = 100 \cdot \frac{1,05}{50} = 2,1, \text{ хв},$$

де h – задана товщина металевого покриття, мм;

D<sub>к</sub> – катодна густина струму, А/дм<sup>2</sup>;

K – коефіцієнт, що враховує швидкість електролітичного осадження металу.

#### 030 Розточувальна операція

Припуск на розточування визначаємо за залежністю:

$$h = \frac{D - d}{2}, \text{ мм},$$

де D – кінцевий діаметр оброблюваного отвору, мм;

d – початковий діаметр отвору, мм.

Для першого переходу припуск становить:

$$h = \frac{28 - 27,4}{2} = 0,3, \text{ мм}.$$

Для другого переходу:

$$h = \frac{16,6 - 16}{2} = 0,3, \text{ мм}.$$

За довідниковими даними приймаємо подачу:

$$S = 0,20 \text{ мм/об}.$$

Оскільки оброблювана поверхня має переривчастий характер, подачу коригуємо коефіцієнтом 0,75:

$$S_{\phi} = 0,20 \cdot 0,75 = 0,15 \text{ мм/об}.$$

Швидкість різання приймаємо:

$$V = 102 \text{ м/хв}.$$

З урахуванням поправного коефіцієнта фактична швидкість різання дорівнює:

$$V = 102 \cdot 0,5 = 51, \text{ м/хв,}$$

де  $K_v$  – поправний коефіцієнт, що враховує умови оброблення.

Частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d}, \text{ об/хв.}$$

Для першого переходу:

$$n = \frac{318 \cdot 51}{28} = 579,21, \text{ об/хв.}$$

Для другого переходу:

$$n = \frac{318 \cdot 51}{16,6} = 976,99, \text{ об/хв.}$$

За паспортними характеристиками верстата приймаємо найближчі стандартні значення:

$$n_1 = 600 \text{ об/хв; } n_2 = 1000 \text{ об/хв.}$$

Основний час виконання кожного переходу визначаємо за формулою:

$$T_o = (L \cdot i) / (n \cdot S), \text{ хв,}$$

де  $L$  – розрахункова довжина оброблюваної поверхні, мм;

$i$  – кількість робочих проходів;

$n$  – частота обертання шпинделя, об/хв;

$S$  – подача різального інструмента, мм/об.

Розрахункова довжина оброблення становить:

$$L = l + y, \text{ мм,}$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$y$  – величина врізання та перебігу інструмента, мм.

Для першого переходу:

$$L_1 = 40 + 2 = 42 \text{ мм.}$$

Для другого переходу:

$$L_2 = 14 + 2 = 16 \text{ мм.}$$

Основний час переходів дорівнює:

$$T_o = 2 \frac{42 \cdot 1}{600 \cdot 0,15} = 0,94 \text{ хв.}$$

$$T_o = \frac{16 \cdot 1}{1000 \cdot 0,15} = 0,11 \text{ хв.}$$

Допоміжний час охоплює витрати на встановлення і зняття деталі, а також виконання допоміжних дій, пов'язаних із робочими проходами. За довідниковими даними приймаємо:

$$T_{в1} = 1,3 \text{ хв}; T_{в2} = 0,8 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час становить:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} = 1,3 + 0,8 + 0,8 = 2,9 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначаємо за залежністю:

$$T_{on} = T_o + T_{\phi} = 0,94 + 0,11 + 2,9 = 3,95, \text{ хв.}$$

Додатковий час розраховуємо за формулою:

$$T_{дод} = T_{оп} \cdot k / 10 T_{оод} = \frac{T_{on} \cdot k}{100} = \frac{3,95 \cdot 8}{100} = 0,320, \text{ хв,}$$

де  $k$  – частка додаткового часу від оперативного,  $k = 8 \%$ .

Підготовчо-завершальний час приймаємо за довідниковими даними:

$$T_{п.з} = 9 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу на виконання операції становить:

$$T_n = T_{on} + T_{оод} + \frac{T_{п.з}}{n} = 3,95 + 0,32 + \frac{9}{19} = 4,74 \text{ хв,}$$

## 2.5 Розроблення технологічного процесу складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236

Складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236 виконують після очищення, дефектації та відновлення його складових частин. До монтажу допускають лише справні деталі, геометричні параметри яких відповідають технічним вимогам. Особливу увагу приділяють стану фрикційних накладок, шліців маточини веденого диска, натискних пружин, відтяжних важелів, підшипника та робочих поверхонь маховика й натискного диска.

Спочатку складають натискний комплект. Натискний диск установлюють у спеціальне пристосування, після чого монтують пружини, відтяжні важелі, осі, втулки та інші елементи механізму [2, 14]. Пружини стискають поступово, не

допускаючи перекошування деталей. Після складання контролюють положення відтяжних важелів і за потреби виконують їх регулювання.

На наступному етапі ведений диск установлюють між маховиком і натискним комплектом. Для суміщення шліцьового отвору маточини з віссю колінчастого вала використовують центрувальну оправку. Ведений диск розміщують відповідно до його монтажного положення, не допускаючи контакту фрикційних накладок із мастильними матеріалами.

Кожух зчеплення встановлюють за раніше нанесеними мітками. Болти кріплення спочатку загвинчують вручну, а потім затягують поступово в діаметрально протилежній послідовності. Остаточне затягування виконують динамометричним ключем із моментом, установленим технічною документацією.

Після монтажу встановлюють муфту з підшипником вимкнення, вилку та валик приводу. Рухомі з'єднання змащують тонким шаром рекомендованого мастильного матеріалу. Завершальним етапом є контроль легкості переміщення механізму, положення відтяжних важелів, відсутності перекосів і надійності кріплень.

Структурну послідовність складання наведено на рисунку 2.2.

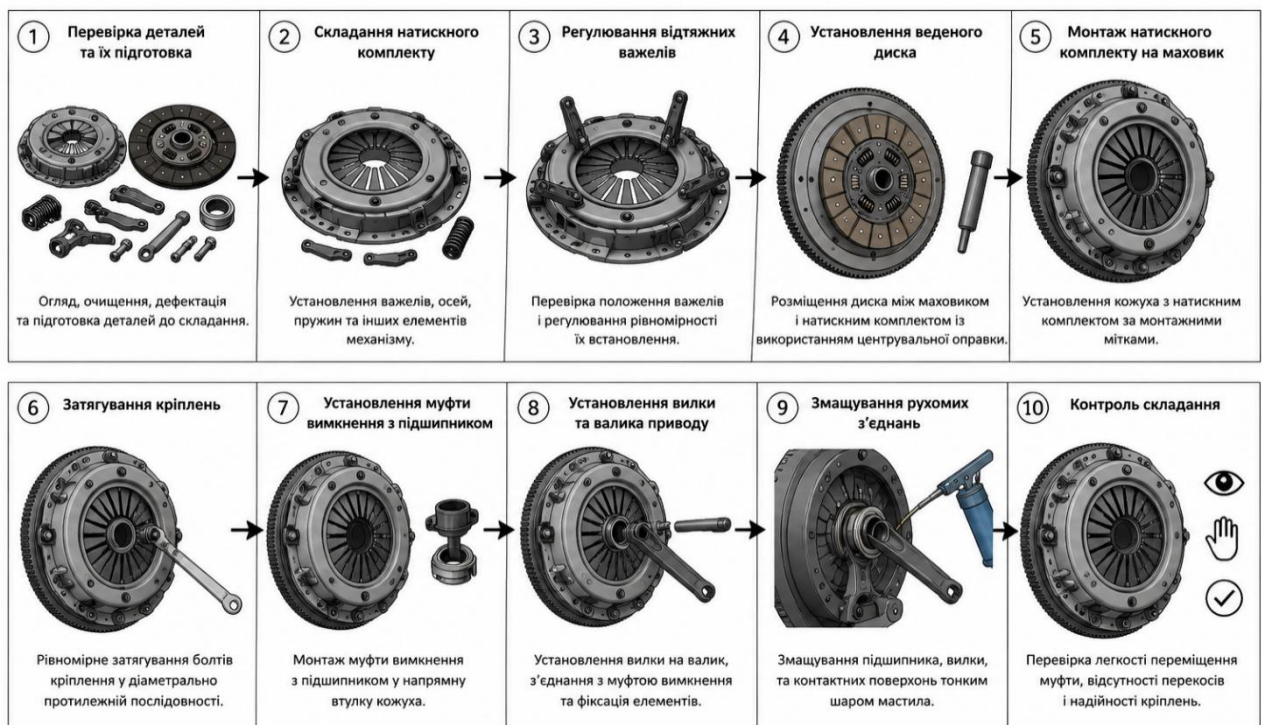


Рисунок 2.2 – Послідовність складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236.

Основні операції технологічного процесу наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технологічна послідовність складання зчеплення двигуна

ЯМЗ-236.

№ опер.	Найменування операції	Зміст переходу	Обладнання та інструмент
005	Підготовча	Перевірити комплектність і технічний стан деталей	Верстак, вимірювальний інструмент
010	Складальна	Установити натискний диск у пристосування	Пристосування для складання зчеплення
015	Складальна	Установити пружини, відтяжні важелі, осі та втулки	Оправки, ключі, плоскогубці
020	Регулювальна	Перевірити та відрегулювати положення відтяжних важелів	Шаблон, штангенглибиномір
025	Складальна	Установити ведений диск і сумістити його з віссю маховика	Центрувальна оправка
030	Складальна	Установити кожух із натискним комплектом за монтажними мітками	Комплект торцевих ключів
035	Кріпильна	Рівномірно затягнути болти кожуха	Динамометричний ключ
040	Складальна	Установити муфту, підшипник, вилку та валик вимкнення	Оправки, монтажний інструмент
045	Контрольна	Перевірити правильність складання і роботу механізму	Лінійка, щуп, контрольна оправка

Після завершення складання зчеплення повинно забезпечувати вільне переміщення механізму вимкнення, рівномірне притискання веденого диска та відсутність заїдань, перекосів і сторонніх шумів.

## 2.6 Розрахунок витрат часу на розбирання та складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236

Для визначення загальної трудомісткості ремонту зчеплення розраховуємо тривалість операцій його розбирання та складання. Оскільки фактичні результати хронометражних спостережень відсутні, тривалість окремих переходів приймаємо розрахунково з урахуванням складності робіт, застосованого обладнання та ручного інструменту.

Оперативний час виконання кожної операції визначаємо за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_v, \text{ хв,}$$

де  $T_o$  – основний час виконання технологічного переходу, хв;

$T_v$  – допоміжний час, витрачений на встановлення, закріплення, зняття деталей та користування інструментом, хв.

Додатковий час, який ураховує обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби працівника, визначаємо за залежністю [5, 13]:

$$T_{дод} = T_{оп} \cdot k / 100, \text{ хв,}$$

де  $k$  – частка додаткового часу від оперативного,  $k = 8 \%$ .

Штучний час операції становить:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод}, \text{ хв.}$$

Розрахунок часу на розбирання зчеплення.

Таблиця 2.5 – Нормування операцій розбирання зчеплення двигуна ЯМЗ-236.

№ операції	Найменування операції	$T_o$ , хв	$T_v$ , хв	$T_{оп}$ , хв	$T_{шт}$ , хв
005	Підготовча	5,0	1,0	6,0	6,5
010	Установочна	2,5	0,5	3,0	3,2
015	Розмічальна	1,5	0,3	1,8	1,9
020	Відвертання болтів кожуха	5,0	0,8	5,8	6,3
025	Зняття кожуха та дисків	3,5	0,8	4,3	4,6
030	Демонтаж механізму вимкнення	5,5	1,0	6,5	7,0
035	Розбирання натискного комплекту	9,0	1,5	10,5	11,3
040	Очищення і сушіння деталей	8,0	1,5	9,5	10,3

045	Сортування деталей	3,5	0,5	4,0	4,3
Разом		43,5	7,9	51,4	55,5

Сумарний оперативний час розбирання становить:

$$T_{\text{оп,р}} = 5,0 + 2,5 + 1,5 + 5,0 + 3,5 + 5,5 + 9,0 + 8,0 + 3,5 + 1,0 + 0,5 + 0,3 + 0,8 + 0,8 + 1,0 + 1,5 + 1,5 + 0,5 = 51,4 \text{ хв.}$$

Додатковий час:

$$T_{\text{дод,р}} = 51,4 \cdot 8 / 100 = 4,1 \text{ хв.}$$

Отже, норма часу на розбирання зчеплення дорівнює:

$$T_{\text{шт,р}} = 51,4 + 4,1 = 55,5 \text{ хв.}$$

Розрахунок часу на складання зчеплення.

Таблиця 2.65 – Нормування операцій складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236.

№ операції	Найменування операції	$T_o$ , хв	$T_b$ , хв	$T_{\text{оп}}$ , хв	$T_{\text{шт}}$ , хв
005	Перевірка комплектності деталей	4,0	0,5	4,5	4,9
010	Установлення натискного диска	2,5	0,5	3,0	3,2
015	Монтаж пружин і важелів	10,0	1,5	11,5	12,4
020	Регулювання відтяжних важелів	8,0	1,0	9,0	9,7
025	Установлення веденого диска	3,5	0,8	4,3	4,6
030	Монтаж кожуха зчеплення	4,0	0,8	4,8	5,2
035	Затягування болтів кріплення	5,5	0,8	6,3	6,8
040	Монтаж механізму вимкнення	6,0	1,0	7,0	7,6
045	Контроль якості складання	5,0	0,8	5,8	6,3
Разом		48,5	7,7	56,2	60,7

Сумарний оперативний час складання становить [5, 13]:

$$T_{\text{оп,с}} = 56,2 \text{ хв.}$$

Додатковий час:

$$T_{\text{дод,с}} = 56,2 \cdot 8 / 100 = 4,5 \text{ хв.}$$

Норма часу на складання зчеплення дорівнює:

$$T_{\text{шт,с}} = 56,2 + 4,5 = 60,7 \text{ хв.}$$

Загальні витрати часу на розбирання та складання зчеплення визначаємо за формулою:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{шт.р}} + T_{\text{шт.с.}} \quad T_{\text{заг}} = 55,5 + 60,7 = 116,2 \text{ хв.}$$

У годинах трудомісткість становить:

$$T_{\text{заг}} = 116,2 / 60 = 1,94 \text{ люд.-год.}$$

Отже, розрахункова трудомісткість розбирання та складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236 становить 116,2 хв, або 1,94 люд.-год. Із цієї тривалості на розбирання припадає 55,5 хв, а на складання – 60,7 хв. Більша тривалість складальних робіт пояснюється необхідністю точного встановлення деталей, регулювання відтяжних важелів, рівномірного затягування кріплень і завершального контролю механізму.

## 2.7 Техніко-економічний розрахунок ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236

Техніко-економічний розрахунок виконуємо для визначення трудомісткості та орієнтовної собівартості ремонту зчеплення. Вихідними даними є норми часу на розбирання, відновлення картера та складання агрегату.

Трудомісткість розбирання становить 55,5 хв, складання – 60,7 хв, відновлення картера – 120,7 хв. Загальні витрати часу дорівнюють:

$$T_{\text{заг}} = 55,5 + 60,7 + 120,7 = 236,9 \text{ хв.}$$

У годинах:

$$T_{\text{заг}} = 236,9 / 60 = 3,95 \text{ люд.-год.}$$

За годинної тарифної ставки 180 грн основна заробітна плата становить:

$$Z_{\text{осн}} = 3,95 \cdot 180 = 711,00 \text{ грн.}$$

З урахуванням премії, додаткової заробітної плати та нарахувань загальні витрати на оплату праці становлять 1144,99 грн.

Витрати на ремонтні матеріали приймаємо в сумі 282,60 грн, на електроенергію – 55,08 грн, на експлуатацію обладнання – 127,98 грн, а загальновиробничі витрати – 298,62 грн.

Таблиця 2.7 – Основні витрати на ремонт зчеплення.

Стаття витрат	Сума, грн
Оплата праці з нарахуваннями	1144,99

Ремонтні матеріали	282,60
Електроенергія	55,08
Експлуатація обладнання	127,98
Загальновиробничі витрати	298,62
Виробнича собівартість	1909,27
Адміністративні витрати	152,74
Повна собівартість	2062,01

За планової рентабельності 15 % орієнтовна вартість ремонту без ПДВ становить:

$$C_{\text{рем}} = 2062,01 \cdot 1,15 = 2371,31 \text{ грн.}$$

З урахуванням ПДВ вартість ремонту дорівнює:

$$C_{\text{рем}} = 2371,31 \cdot 1,20 = 2845,57 \text{ грн.}$$

Загальна трудомісткість ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236 становить 3,95 люд.-год, повна собівартість – 2062,01 грн, а орієнтовна ціна ремонту – 2845,57 грн. Виконання ремонту є економічно доцільним за умови придатності основних деталей до подальшого відновлення.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Обґрунтування необхідності розроблення пристосування

Технологічний процес ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236 передбачає розбирання та складання натискного комплекту за одночасного контрольованого стискання його пружин. Виконання цієї операції за допомогою універсального ручного інструменту ускладнює рівномірне навантаження кожуха, підвищує ризик перекошування натискного диска та створює небезпеку раптового вивільнення енергії стиснутих пружин. У розробленому технологічному процесі для цієї операції також передбачено застосування спеціального пристосування.

Для механізації зазначених робіт запропоновано стаціонарне гвинтове пристосування, призначене для розбирання, складання та регулювання натискного комплекту зчеплення. Його застосування забезпечує плавне прикладання осьового зусилля, надійну фіксацію деталей і вільний доступ до кріплень відтяжних важелів [15].

У типовому зчепленні ЯМЗ-236К натискне зусилля створюється циліндричними пружинами, розташованими по периферії. Конструкція містить 18 натискних пружин і чотири відтяжні важелі, положення яких після складання має бути відрегульоване без перекошування упорного кільця.

До розроблюваного пристосування висувають такі вимоги:

- забезпечення осьового стискання натискного комплекту без перекошу;
- надійне центрування кожуха і натискного диска;
- плавне та контрольоване навантаження пружин;
- вільний доступ до відтяжних важелів і регулювальних гайок;
- можливість роботи з різними конструктивними виконаннями зчеплення;
- простота виготовлення, обслуговування та ремонту;
- безпечність роботи оператора.

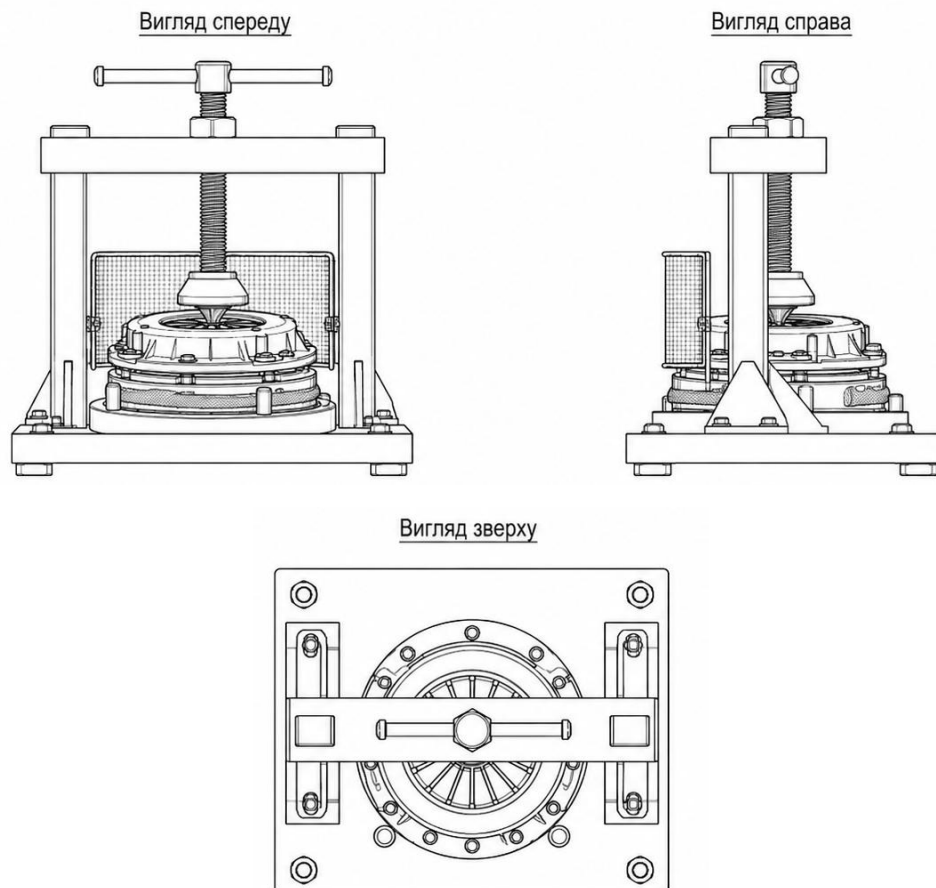
Основні параметри запропонованої конструкції наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні технічні параметри пристосування

Параметр	Прийняте значення
Максимальне робоче зусилля	20 кН
Найбільший діаметр натискного комплекту	500 мм
Робочий хід натискного гвинта	120 мм
Орієнтовний діапазон контрольного розміру	56–65 мм
Довжина рукоятки	400 мм
Габаритні розміри	620×520×650 мм
Орієнтовна маса	не більше 40 кг
Тип приводу	ручний гвинтовий

### 3.2 Будова пристосування

Пристосування виконане у вигляді жорсткої зварної рами, на нижній плиті якої встановлюється натискний комплект зчеплення. Загальну конструктивну схему доцільно навести на рисунку 3.1 [15].



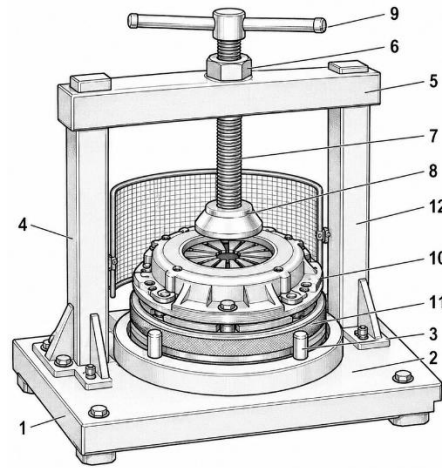


Рисунок 3.1 – Загальна схема пристосування для розбирання та складання натискного комплекту зчеплення ЯМЗ-236:

1 – основа; 2 – опорне кільце; 3 – установочні пальці; 4 – вертикальні стійки; 5 – верхня поперечина; 6 – силова гайка; 7 – натискний гвинт; 8 – натискна п'ята; 9 – рукоятка; 10 – натискний комплект зчеплення; 11 – змінне регульовальне кільце; 12 – захисний екран.

Основою пристосування є сталева плита завтовшки 12 мм. На ній закріплюється змінне опорне кільце, зовнішній діаметр якого відповідає розмірам кожуха зчеплення. Для запобігання зміщенню комплекту передбачено три установочні пальці, рівномірно розташовані по колу.

Вертикальні стійки з'єднують основу з верхньою поперечиною. У центральній частині поперечини встановлено силову гайку з трапецеїдальною різьбою. У гайку загвинчується гвинт, нижня частина якого спирається на натискну п'яту. П'ята має шарнірне з'єднання з гвинтом, завдяки чому компенсується незначне відхилення поверхні натискного диска від горизонтального положення.

Обертання гвинта здійснюється поперечною рукояткою. На верхньому кінці передбачено контргайку, яка обмежує його переміщення та запобігає випадковому викручуванню із силової гайки [15].

Для регулювання положення відтяжних важелів застосовується змінне контрольне кільце. Його висота відповідає необхідному установочному розміру натискного комплекту. Використання комплекту змінних кілець дає змогу пристосувати конструкцію до різних виконань зчеплення без зміни основних елементів рами.

### 3.3 Принцип роботи пристосування

Перед початком роботи на основу встановлюють опорне кільце, що відповідає конструкції натискного комплекту. Кожух зчеплення розміщують на кільці та центрують установочними пальцями.

Натискну п'яту підводять до центральної частини натискного диска. Обертанням рукоятки гвинт переміщують униз, поступово стискаючи натискні пружини. Після розвантаження відтяжних важелів і кріпильних елементів проводять розбирання комплекту.

Послідовність використання пристосування наведено на рисунку 3.2.

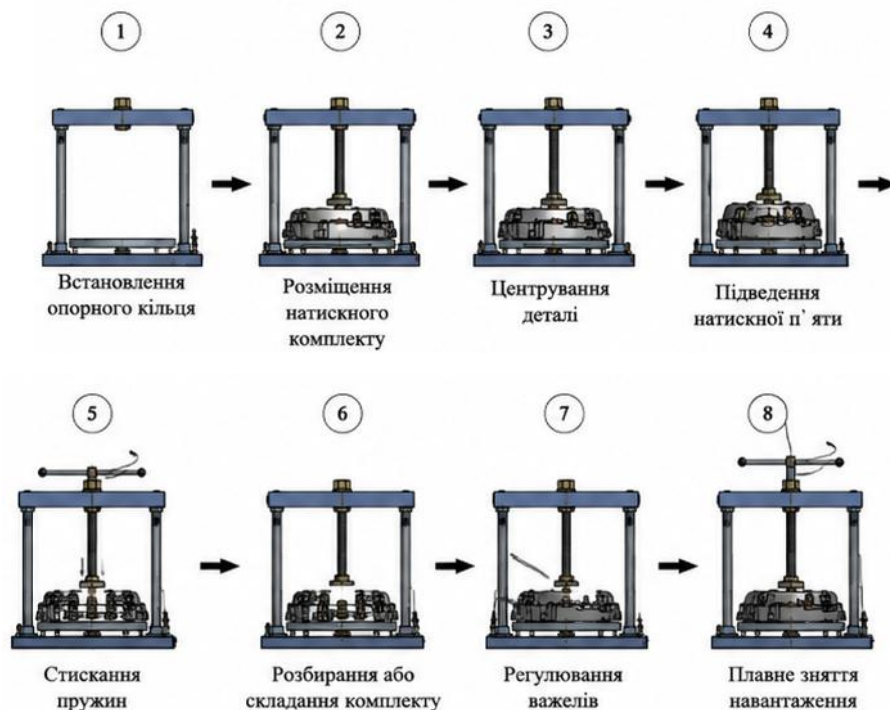


Рисунок 3.2 – Послідовність роботи пристосування.

Під час складання операції виконують у зворотній послідовності. На опорне кільце встановлюють натискний диск, пружини, важелі, осі, втулки та кожух. Поворотом гвинта пружини стискають до положення, за якого можна встановити кріпильні й стопорні деталі [15].

Після складання до натискного комплекту підводять контрольне кільце та перевіряють одночасний контакт усіх відтяжних важелів з його поверхнею. У разі відхилень положення важелів коригують регулювальними гайками. Після завершення регулювання гвинт плавно відкручують і знімають зусилля з натискного комплекту.

### 3.4 Розрахунок необхідного зусилля

Розрахункове зусилля пристосування має перевищувати сумарне зусилля натискних пружин. Для розрахунку приймаємо:

кількість пружин  $z = 18$ ;

орієнтовне зусилля однієї стиснутої пружини  $F_1 = 0,75$  кН;

коефіцієнт запасу  $k_3 = 1,4$ .

Сумарне зусилля пружин становить:

$$F_{\Sigma} = z \cdot F_1.$$

Підставляємо прийняті значення:

$$F_{\Sigma} = 18 \cdot 0,75 = 13,5 \text{ кН.}$$

Розрахункове зусилля пристосування:

$$F_p = F_{\Sigma} \cdot k_3.$$

$$F_p = 13,5 \cdot 1,4 = 18,9 \text{ кН.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо:

$$F_p = 20 \text{ кН.}$$

Схему сил, які діють на пристосування, доцільно показати на рисунку 3.3.

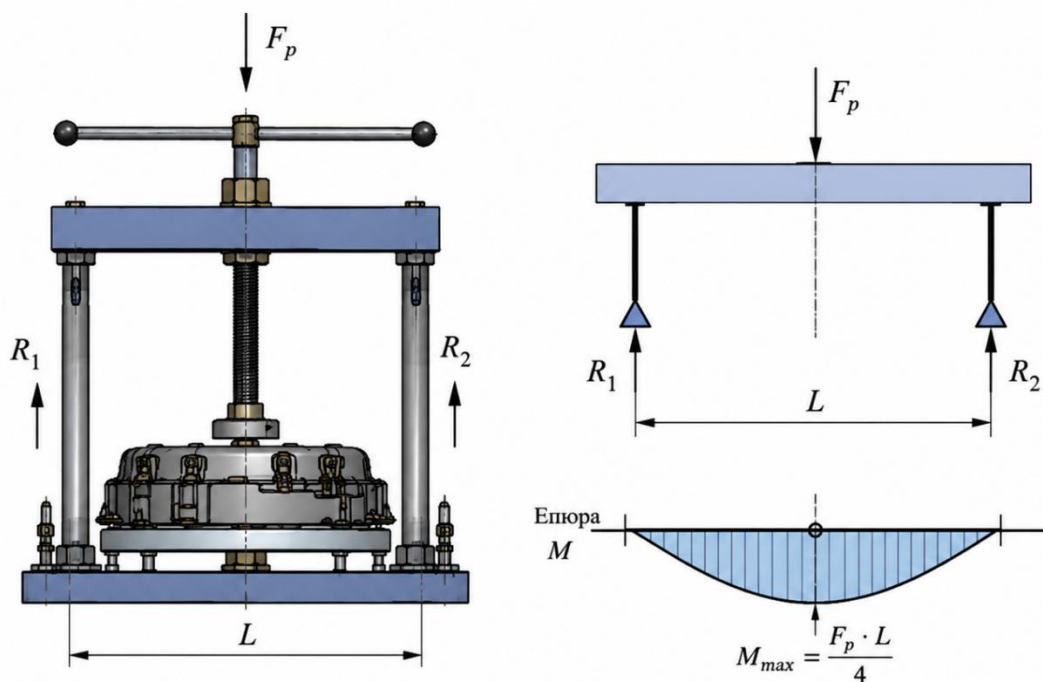


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема пристосування:

$F_p$  – осьове зусилля натискного гвинта;  $R_1$  і  $R_2$  – реакції вертикальних стійок;  $L$  – відстань між опорами верхньої поперечини.

### 3.5 Розрахунок силового гвинта

Для створення робочого зусилля обираємо гвинтову пару з трапецеїдальною різьбою Tr30×6.

Приймаємо:

середній діаметр різьби  $d_2 = 27$  мм; внутрішній діаметр гвинта  $d_3 = 23$  мм; крок різьби  $P = 6$  мм; коефіцієнт тертя  $f = 0,12$ .

Кут підйому гвинтової лінії визначаємо за формулою:

$$\varphi = \arctg(P / (\pi \cdot d_2)).$$

$$\varphi = \arctg(6 / (3,14 \cdot 27)) = 4,0^\circ.$$

Приведений кут тертя для трапецеїдальної різьби:

$$\rho = \arctg(f / \cos 15^\circ).$$

$$\rho = \arctg(0,12 / \cos 15^\circ) = 7,1^\circ.$$

Момент, необхідний для подолання тертя в різьбі:

$$M_p = F_p \cdot d_2 / 2 \cdot t_g(\varphi + \rho).$$

$$M_p = 20\,000 \cdot 0,027 / 2 \cdot t_g(4,0^\circ + 7,1^\circ) = 53 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Момент тертя на опорній поверхні натискної п'яти:

$$M_{\Pi} = F_p \cdot f_{\Pi} \cdot D_c / 2,$$

де  $f_{\Pi} = 0,10$  – коефіцієнт тертя опорної поверхні;

$D_c = 0,038$  м – середній діаметр опорної поверхні.

$$M_{\Pi} = 20\,000 \cdot 0,10 \cdot 0,038 / 2 = 38 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Загальний момент на рукоятці:

$$M_{\text{заг}} = M_p + M_{\Pi}.$$

$$M_{\text{заг}} = 53 + 38 = 91 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За довжини рукоятки  $l_p = 0,4$  м необхідне зусилля працівника становитиме:

$$P_p = M_{\text{заг}} / l_p.$$

$$P_p = 91 / 0,4 = 227,5 \text{ Н}.$$

Отримане зусилля дає змогу приводити пристосування в дію вручну без застосування додаткового механізованого приводу.

Напруження стиску в небезпечному перерізі гвинта:

$$\sigma_{\text{ст}} = 4 \cdot F_p / (\pi \cdot d_3^2).$$

$$\sigma_{\text{ст}} = 4 \cdot 20\,000 / (3,14 \cdot 23^2) = 48,1 \text{ МПа}.$$

Дотичне напруження від крутного моменту:

$$\tau = 16 \cdot M_{\text{заг}} / (\pi \cdot d_3^3).$$

$$\tau = 16 \cdot 91\,000 / (3,14 \cdot 23^3) = 38,1 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне напруження визначаємо за залежністю:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{(\sigma_{\text{ст}}^2 + 3\tau^2)}.$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{(48,1^2 + 3 \cdot 38,1^2)} = 81,8 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для гвинта зі сталі 45 приймаємо  $[\sigma] = 140 \text{ МПа}$ .

Умова міцності виконується:

$$\sigma_{\text{екв}} = 81,8 \text{ МПа} < [\sigma] = 140 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності гвинта:

$$n = [\sigma] / \sigma_{\text{екв}}.$$

$$n = 140 / 81,8 = 1,71.$$

Гвинт із різьбою Tr30×6 має достатню міцність для створення зусилля 20 кН.

### 3.6 Перевірка силової гайки

Довжину різьбової частини гайки приймаємо:

$$H = 30 \text{ мм.}$$

Середній тиск у витках різьби визначаємо за формулою:

$$p = F_p / (\pi \cdot d_2 \cdot H).$$

$$p = 20\,000 / (3,14 \cdot 27 \cdot 30) = 7,86 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск у парі «сталевий гвинт – бронзова гайка» приймаємо:

$$[p] = 12 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову працездатності:

$$p = 7,86 \text{ МПа} < [p] = 12 \text{ МПа.}$$

Прийнята довжина силової гайки забезпечує достатню зносостійкість гвинтової пари.

### 3.7 Розрахунок верхньої поперечини

Верхню поперечину виготовляємо з прямокутної профільної труби

100×50×5 мм. Відстань між вертикальними стійками приймаємо  $L = 500$  мм.

Максимальний згинальний момент за центрального прикладання навантаження:

$$M_{\max} = F_p \cdot L / 4.$$

$$M_{\max} = 20\,000 \cdot 500 / 4 = 2\,500\,000 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Момент опору прийнятого профілю становить:

$$W = 34\,733 \text{ мм}^3.$$

Напруження згину:

$$\sigma_{\text{зг}} = M_{\max} / W.$$

$$\sigma_{\text{зг}} = 2\,500\,000 / 34\,733 = 72 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для конструкційної сталі приймаємо:

$$[\sigma_{\text{зг}}] = 160 \text{ МПа}.$$

Умова міцності:

$$\sigma_{\text{зг}} = 72 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{зг}}] = 160 \text{ МПа}.$$

Момент інерції поперечного перерізу:

$$I = 1\,736\,667 \text{ мм}^4.$$

Максимальний прогин поперечини:

$$f = F_p \cdot L^3 / (48 \cdot E \cdot I),$$

де  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа – модуль пружності сталі.

$$f = 20\,000 \cdot 500^3 / (48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1\,736\,667) = 0,15 \text{ мм}.$$

Такий прогин не впливає на точність установлення та регулювання відтяжних важелів.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236

Безпечне виконання технологічного процесу ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236 передбачає створення таких умов праці, за яких вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівника усувається або зменшується до допустимого рівня. Організація робіт повинна відповідати вимогам законодавства України про охорону праці та Правил охорони праці на автомобільному транспорті [19, 20].

Технологічний процес ремонту включає очищення, розбирання, дефектацію, відновлення та складання зчеплення. Під час виконання цих операцій працівник може зазнавати впливу рухомих частин обладнання, гострих кромek деталей, пружних елементів, електричного струму, шуму, вібрації, металевого й абразивного пилю, зварювального аерозолю, випромінювання дуги та хімічно активних речовин [20, 21].

Особливо небезпечною є операція розбирання натискного комплекту. Стиснуті пружини накопичують значну потенціальну енергію, яка за неконтрольованого розвантаження може спричинити викидання деталей, травмування рук або обличчя працівника. Тому розбирання та складання натискного комплекту необхідно виконувати лише у спеціальному гвинтовому пристосуванні, яке забезпечує поступове стискання і розвантаження пружин.

Через значну масу зчеплення та його складових частин існує небезпека падіння агрегату, затискання пальців і травмування стоп. Ризик підвищується під час установлення зчеплення на стенд, перенесення натискного диска та закріплення картера у пристосуванні розточувального верстата. Виконувати такі операції необхідно із застосуванням справних вантажопідіймальних пристроїв або за участю двох працівників.

Під час слюсарного оброблення та зачищення зварних швів можливе утворення металевого й абразивного пилю, відлітання частинок металу, руйнування шліфувального круга, а також підвищення рівня шуму і вібрації.

Несправний ручний або механізований інструмент може спричинити порізи, удари та пошкодження очей.

Зварювальне відновлення тріщин картера супроводжується утворенням аерозолу, дією ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювання, високої температури, бризок розплавленого металу та небезпекою ураження електричним струмом. Робоче місце зварника повинно бути обладнане місцевою витяжною вентиляцією, захисним екраном і засобами пожежогасіння. Вимоги до організації зварювальних робіт, захисту працівників і розміщення горючих матеріалів визначаються чинними Правилами охорони праці під час зварювання металів [20–22].

Гальванічне залізнення отворів картера пов'язане з використанням кислотних і лужних розчинів, електролітів, електричного струму та нагрівального обладнання. Потрапляння технологічних розчинів на шкіру або в очі може спричинити хімічні опіки, а випари електроліту – подразнення органів дихання. Відповідні операції повинні виконуватися у приміщенні з ефективною припливно-витяжною вентиляцією та місцевим відсмоктуванням над ваннами.

#### **4.2 Організаційно-технічні заходи безпечного виконання ремонтних операцій**

До ремонту зчеплення допускаються працівники, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці та ознайомлені з технологічною документацією. Перед початком роботи необхідно перевірити справність обладнання, огорожень, освітлення, вентиляції, заземлення, ручного інструменту та пристосувань. Працівники повинні використовувати передбачені для відповідних операцій засоби індивідуального захисту.

Робоче місце слюсаря необхідно утримувати в чистоті. Інструменти слід розміщувати у визначеному порядку, а проходи не захарашувати деталями, тарою та кабелями. Розлите мастило або мийну рідину потрібно негайно видаляти, оскільки забруднена підлога створює небезпеку падіння.

Перед розбиранням зчеплення його очищають і надійно закріплюють на монтажному стенді. Болти кожуха послаблюють поступово в діаметрально

протилежній послідовності. Заборонено повністю відвертати окремі болти за наявності навантаження від натискних пружин. Знімати кожух, натискний і ведений диски необхідно після повного розвантаження механізму.

Розбирання натискного комплекту виконують у спеціальному пристосуванні. Перед установленням перевіряють стан силового гвинта, гайки, опорного кільця, установочних пальців і зварних з'єднань рами. Натискний диск повинен розташовуватися без перекосу, а зусилля прикладатися поступово. Перебування рук між рухомими елементами пристосування під час стискання пружин не допускається [20–22].

Для захисту від механічних травм працівник повинен використовувати спеціальний одяг, захисне взуття та рукавиці. Під час очищення деталей, роботи з абразивним інструментом і видалення стружки додатково застосовують захисні окуляри або лицевий щиток. Видаляти металеву стружку руками заборонено – для цього використовують гачок або щітку.

Перед початком розточування картер необхідно правильно встановити та надійно закріпити у пристосуванні. Після закріплення вручну перевіряють вільне обертання шпинделя та відсутність контакту інструменту з елементами оснащення. Вимірювання отворів, заміна різця й очищення робочої зони допускаються лише після повної зупинки верстата.

Під час зварювання працівник повинен користуватися зварювальною маскою зі світлофільтром, вогнестійким спецодягом, рукавицями та захисним взуттям. Корпус джерела живлення і зварювальний стіл мають бути заземлені. Ізоляція кабелів, тримач і контактні з'єднання повинні бути справними. Заборонено виконувати зварювання на забруднених мастилом поверхнях або поблизу легкозаймистих матеріалів.

Під час гальванічного залізнення необхідно використовувати кислотостійкий фартух, рукавички, закрите взуття, захисні окуляри або щиток. Завантаження та виймання деталей із ванн здійснюють за допомогою підвісок чи спеціальних захватів. Доливання електроліту проводять обережно, не допускаючи його розбризкування. Хімічні речовини повинні зберігатися у промаркованій закритій тарі, а їх змішування здійснюватися відповідно до технологічної інструкції.

Основні засоби захисту наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Засоби захисту під час виконання ремонтних операцій

Вид роботи	Необхідні засоби захисту
Розбирання і складання	Спецодяг, рукавиці, захисне взуття
Зачищення шва	Окуляри або щиток, респіратор, навушники
Зварювання	Маска зі світлофільтром, вогнестійкий костюм, краги
Розточування	Захисні окуляри, щільно застебнутий спецодяг
Гальванічні роботи	Кислотостійкі рукавички, фартух, окуляри, респіратор

### 4.3 Електробезпека, пожежна безпека та дії працівників у аварійних ситуаціях

Електричне обладнання, яке використовується під час ремонту, повинно мати справну ізоляцію, захисне заземлення та пристрої відключення. Кабелі необхідно прокладати так, щоб вони не заважали переміщенню працівників і не контактували з гострими кромками, гарячими поверхнями або технологічними рідинами. Ремонт, очищення та налагодження електрообладнання виконують лише після його відключення від мережі.

Ураження електричним струмом можливе під час роботи зі зварювальним джерелом, електрошліфувальною машиною, верстатом і випрямлячем гальванічної установки. У разі виявлення пошкодження ізоляції, появи запаху горілої ізоляції, іскріння або напруги на корпусі обладнання роботу необхідно негайно припинити, обладнання відключити та повідомити відповідальну особу.

Зварювальні операції належать до робіт із підвищеною пожежною небезпекою. Горючі матеріали повинні бути прибрані з робочої зони, а місце виконання робіт забезпечене справними первинними засобами пожежогасіння. Чинні правила забороняють розміщувати горючі матеріали ближче ніж за 5 м, а вибухонебезпечне обладнання та газові балони – ближче ніж за 10 м від місця електрозварювання.

Промаслені обтиральні матеріали необхідно збирати в металеву тару з кришкою та регулярно видаляти з виробничого приміщення. Зберігати біля

зварювального поста мастила, розчинники, паливо й інші горючі речовини не допускається. Після завершення зварювання слід оглянути робоче місце та переконатися у відсутності осередків тління.

Відпрацьовані електроліти, промивні води, мастила та забруднені матеріали не можна зливати у ґрунт або загальну каналізацію [20, 21]. Їх збирають окремо у спеціально призначену тару та передають на очищення, нейтралізацію або утилізацію. Такий порядок зменшує ризик забруднення виробничої території та контакту працівників із небезпечними речовинами.

У разі виникнення пожежі працівник повинен припинити роботу, відключити електрообладнання, повідомити про небезпеку присутніх і викликати пожежно-рятувальний підрозділ. Якщо це не створює додаткової загрози, займання локалізують наявними вогнегасниками. Порядок організації пожежної безпеки на підприємстві визначається чинними Правилами пожежної безпеки в Україні.

У разі потрапляння електроліту на шкіру забруднений одяг необхідно зняти, а уражену ділянку промити значною кількістю води. При потраплянні речовини в очі їх негайно промивають і звертаються по медичну допомогу. У разі ураження електричним струмом насамперед припиняють дію струму без безпосереднього контакту з потерпілим, після чого оцінюють його стан, викликають екстрену допомогу та за потреби розпочинають домедичні заходи.

Запропонований комплекс організаційних і технічних заходів дає змогу знизити ризик травмування під час розбирання, відновлення та складання зчеплення двигуна ЯМЗ-236. Найважливішими умовами безпечної роботи є застосування справного обладнання, спеціального пристосування для стискання пружин, місцевої вентиляції, засобів індивідуального захисту та дотримання встановленої послідовності технологічних операцій.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено комплексний технологічний процес ремонту зчеплення двигуна ЯМЗ-236. Запропонована послідовність охоплює підготовку агрегату, його поетапне розбирання, очищення деталей, сортування, дефектацію, відновлення пошкоджених поверхонь і подальше складання з контролем працездатності. Для кожного етапу визначено зміст переходів, необхідне обладнання та технологічний інструмент.

Для відновлення картера зчеплення сформовано маршрут, який передбачає підготовку й заварювання тріщин, зачищення зварного шва, попереднє розточування зношених отворів, електролітичне залізнення та завершальне оброблення до встановлених ремонтних розмірів. Отвори під втулки вала вилки вимкнення зчеплення обробляють до діаметра  $28^{+0.033}$  мм, а отвір під втулку вала масляного насоса – до діаметра  $15,64^{+0.027}$  мм.

Для реалізації технологічного процесу підібрано слюсарне, зварювальне, розточувальне та гальванічне обладнання. Прийняте оснащення забезпечує надійне закріплення картера, точне відновлення посадкових поверхонь і контроль отриманих розмірів. Розроблено режими технологічних операцій та виконано їх нормування.

Розрахункова тривалість розбирання зчеплення становить 55,5 хв, а складання – 60,7 хв. Загальна трудомісткість цих робіт дорівнює 116,2 хв, або 1,94 люд.-год. З урахуванням відновлення картера повна трудомісткість ремонту становить 236,9 хв, або 3,95 люд.-год.

За результатами техніко-економічного оцінювання встановлено, що повна собівартість ремонту становить 2062,01 грн, а орієнтовна вартість виконання робіт з урахуванням прибутку та податку – 2845,57 грн. Це підтверджує економічну доцільність відновлення зчеплення за умови придатності його основних деталей до подальшого використання.

У конструкторському розділі запропоновано стаціонарне гвинтове пристосування для розбирання, складання та регулювання натискного комплексу. Розрахункове робоче зусилля пристосування прийнято рівним 20 кН.

Для силового механізму обрано гвинтову пару з трапецеїдальною різьбою Tr30×6, яка забезпечує плавне й контрольоване стискання натискних пружин.

Перевірні розрахунки підтвердили працездатність конструкції: еквівалентне напруження в силовому гвинті становить 81,8 МПа за допустимого значення 140 МПа, коефіцієнт запасу міцності дорівнює 1,71, напруження згину верхньої поперечини не перевищує 72 МПа, а її максимальний прогин становить 0,15 мм. Застосування пристосування підвищує безпечність робіт, зменшує ризик перекошування натискного диска та полегшує регулювання відтяжних важелів.

Поставлені завдання виконано, а розроблений технологічний процес може бути використаний на ремонтних підприємствах під час обслуговування та відновлення зчеплень двигунів ЯМЗ-236.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Ляшук О. Л., Пиндус Ю. І., Левкович М. Г., Гупка А. Б., Хорошун Р. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт», спеціальність 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. 61 с.
2. Гевко І. Б., Рогатинський Р. М., Ляшук О. Л., Левкович М. Г., Гудь В. З., Сташків М. Я., Сіправська М. Д. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: навчальний посібник. Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 550 с.
3. Левкович М. Г., Гупка А. Б., Сіправська М. Д. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 136 с.
4. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1: Теоретичні основи. Технологія: підручник. Київ: Вища школа, 1994. 342 с.
5. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: Організація, планування і управління: підручник. Київ: Вища школа, 1994. 383 с.
6. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
7. Строков О. П., Макаренко М. Г., Фролов В. Ф. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів: підручник: у 2 кн. Київ: Грамота, 2005.
8. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 324 с.
9. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. 8-ме вид. Київ: Либідь, 2018. 400 с.
10. Білоконь Я. Ю., Окоча А. І., Войцехівський С. О. Трактори і автомобілі: підручник. Київ: Вища освіта, 2003. 560 с.

11. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І. І. Автомобільні двигуни: підручник. Київ: Арістей, 2005. 476 с.
12. Кукурудзяк Ю. Ю., Біліченко В. В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 198 с.
13. Канарчук В. Є. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. Київ: Логос, 1996. 348 с.
14. Коробочка О. М., Скорняков Е. С., Сасов О. О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. 252 с.
15. Кіркач Н. Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. Харків, 1991. 274 с.
16. Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Луциків І. В., Плекан У. М., Клендій В. М. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП: підручник. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 264 с.
17. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль: ТНТУ, 2024. 118 с.
18. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ: Міністерство транспорту України, 1998. 16 с.
19. Закон України «Про охорону праці». Харків: ФОРТ, 2003. 32 с.
20. Войналович О. В., Марчиниша Є. І., Кофто Д. Г. Охорона праці в галузі (автомобільний транспорт): навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2020. 695 с.
21. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. В. Практикум з охорони праці: навчальний посібник / за ред. В. Ц. Жидецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
22. НАОП 60.2-3.06-98. Типові норми видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту.