

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Інженерії машин, споруд та технологій  
(назва факультету)  
Автотранспорту та логістики  
(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка конструкції стенду-кантувача для ремонту двигуна  
вантажного автомобіля

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-41  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Віталій ДЕМКІВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Андрій ГУПКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Кафедра автотранспорту та логістики  
(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 Демкієву Віталію Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка конструкції стенду-кантувача для ремонту двигуна вантажного автомобіля

Керівник роботи Гупка Андрій Богданович к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-40

2. Термін подання студентом завершеної роботи 08 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Двигун вантажного автомобіля масою до 1500 кг, для ремонту якого необхідно розробити універсальний стенд-кантувач із можливістю надійної фіксації та безпечного виконання розбирально-складальних робіт.

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)

Аналіз конструкцій існуючих стендів-кантувачів для ремонту двигунів – А1;

Технологічна схема ремонту двигуна вантажного автомобіля із застосуванням стенда-кантувача – А1;

Пристосування для фіксації двигуна на стенді-кантувачі. Загальний вигляд – А1;

Стенд-кантувач для ремонту двигунів вантажних автомобілів. Загальний вигляд – А1;

Розрахункова схема та конструкторські розрахунки стенда-кантувача – А1;

Деталювання стенда-кантувача для ремонту двигунів – А1;



## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці стенда-кантувача для ремонту двигунів внутрішнього згоряння вантажних автомобілів.

У роботі розглянуто призначення, умови експлуатації та конструктивні особливості стендів-кантувачів, які застосовуються в агрегатно-моторних відділеннях ремонтних підприємств. Проведено аналіз відомих конструкцій стендів для розбирання і складання автомобільних двигунів, зокрема P1250, Werner Weitner WW-HV-1500 та Werner Weitner WW-HV-2500/E. Встановлено, що існуючі конструкції забезпечують виконання основних ремонтних операцій, однак мають низку недоліків, пов'язаних із великою масою, значними габаритами, високою вартістю, недостатньою універсальністю кріплення агрегатів і підвищеним фізичним навантаженням на працівника.

У технологічному розділі охарактеризовано процес ремонту двигуна вантажного автомобіля із застосуванням стенда-кантувача. Розглянуто основні етапи ремонту двигуна, технологічну схему використання стенда, операційну технологію розбирання двигуна, організацію робочого місця агрегатно-моторного відділення та розрахунок трудомісткості робіт. Встановлено, що використання стенда-кантувача дозволяє зменшити трудомісткість розбирання двигуна з 12,0 до 9,4 люд.-год, тобто приблизно на 21,7%. При ремонті 8 двигунів на місяць річна економія робочого часу може становити близько 249,6 люд.-год .

У конструкторському розділі розроблено конструкцію стенда-кантувача, яка включає раму, поворотну рамку, опорні кріплення, вісь, редукторний механізм, поворотну втулку та вихідний вал. Конструкція стенда забезпечує надійне закріплення двигуна, його поворот навколо горизонтальної осі та фіксацію у зручному положенні для виконання ремонтних операцій .

Практичне значення роботи полягає у підвищенні ефективності ремонту двигунів вантажних автомобілів, зменшенні трудомісткості розбирально-складальних операцій, покращенні ергономіки праці та підвищенні безпеки роботи ремонтного персоналу.

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b>	4
<b>ЗМІСТ</b>	5
<b>ВСТУП</b>	7
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	8
1.1 Аналіз конструкцій відомих стендів-кантувачів для автомобільних двигунів	8
1.2 Аналіз умов експлуатації стендів-кантувачів в агрегатно-моторному відділенні	14
1.3 Основні недоліки існуючих конструкцій стендів-кантувачів для ремонту автомобільних агрегатів	16
1.4 Обґрунтування необхідності розробки нової конструкції стенда-кантувача	19
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	24
2.1 Загальна характеристика технологічного процесу ремонту двигуна вантажного автомобіля	24
2.2 Технологічна схема використання стенда-кантувача	27
2.3 Операційна технологія розбирання двигуна на стенді-кантувачі	32
2.4 Організація робочого місця агрегатно-моторного відділення	38
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	47
3.1 Загальна будова стенда-кантувача для ремонту двигуна	47
3.2 Опис функціонального призначення основних вузлів стенда-кантувача	49
3.3 Принцип роботи стенда-кантувача	50
3.4 Розрахункова схема та визначення сил, що діють на стенд-кантувач	52
3.4.1 Визначення вагової сили двигуна	54
3.4.2 Визначення реакції опор осі від дії ваги двигуна	55
3.4.3 Визначення згинального моменту на осі	55
3.4.4 Визначення крутного моменту при кантуванні	6
3.4.5 Визначення зусилля на рукоятці редуктора	56
3.4.6 Перевірочний розрахунок діаметра осі поворотної рамки	57

3.4.7 Оцінка навантаження на раму стенда	58
3.4.8 Узагальнення результатів силового розрахунку	58
3.5 Вибір матеріалів для основних деталей стенда-кантувача	59
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<b>64</b>
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту двигунів вантажних автомобілів	64
4.2 Ергономічне обґрунтування використання стенда-кантувача	65
4.3 Забезпечення безпечної експлуатації розробленого стенда-кантувача	67
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>69</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>70</b>

## ВСТУП

Сучасні вантажні автомобілі є складними технічними системами, працездатність яких значною мірою залежить від технічного стану двигуна внутрішнього згорання. Двигун є одним із найбільш навантажених і відповідальних агрегатів автомобіля, тому його своєчасне технічне обслуговування та якісний ремонт мають важливе значення для забезпечення надійності, довговічності й ефективності експлуатації транспортного засобу.

Ремонт двигунів вантажних автомобілів виконується переважно в агрегатно-моторних відділеннях автотранспортних підприємств, ремонтних майстерень і станцій технічного обслуговування. У процесі ремонту двигун необхідно демонтувати з автомобіля, очистити, розібрати, провести дефектацію деталей, виконати ремонт або заміну зношених елементів, після чого скласти та перевірити його працездатність. Значна маса і габарити двигунів вантажних автомобілів ускладнюють виконання цих операцій, особливо під час доступу до нижньої та бокових частин агрегату.

Для полегшення ремонтних робіт застосовують спеціальні стенди-кантувачі, які дозволяють закріплювати двигун, повертати його на необхідний кут і фіксувати у зручному положенні. Застосування такого обладнання зменшує фізичне навантаження на працівника, підвищує безпеку виконання робіт, покращує доступ до вузлів двигуна та скорочує трудомісткість розбирально-складальних операцій.

Аналіз існуючих конструкцій стендів показує, що більшість із них забезпечує можливість повороту агрегату на  $360^\circ$  і виконання основних ремонтних операцій. Водночас такі стенди мають певні недоліки: значні габарити, велику масу, високу вартість, складність переміщення, недостатню універсальність кріплення двигунів різних типів, а також підвищене фізичне навантаження під час використання ручного приводу. Імпорتنі моделі з електричним приводом мають кращі експлуатаційні характеристики, але є дорожчими та складнішими в обслуговуванні.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз конструкцій відомих стендів-кантувачів для автомобільних двигунів

Стенд для ремонту двигуна являється обладнанням, яке використовується в агрегатно-моторному відділенні і є одночасно найбільш завантаженим за коефіцієнтом завантаження і найдорожчим з усього переліку обладнання в таблиці відділення ремонтних робіт.

Необхідною умовою розробки конструкції стенду для ремонту двигуна вантажних автомобілів є проведення глибокого аналізу роботи пристрою, конструкцій стендів вітчизняних та зарубіжних виробників та існуючих патентів по даній тематиці.

При аналізі існуючого ринку можна виділити такі стенди для ремонту двигуна автомобілів: стенд для розбирання двигунів P1250; стенд Werner Weitner WW-HV-1500; стенд для розбирання-складання V-подібних і рядних двигунів, КПП, задніх мостів Werner Weitner WW-HV-2500/E.

Необхідно відзначити великий асортимент конструкцій стендів, що знаходяться у продажі, схожість їх основних технічних характеристик і досить високу собівартість, як при виготовленні так і в процесі експлуатації.

Для виявлення переваг та недоліків конструкцій та вибору найбільш прогресивного стенда проведемо їх порівняння за основними вибраними параметрами: габаритні розміри; кут повороту двигуна; вантажопідйомність; маса; вартість.

Стенд для розбирання двигунів P1250 (рисунок 1.1) призначений для розбирання-складання двигунів та інших агрегатів легкових та вантажних автомобілів вагою не більше 1250 кг у підвішеному стані.

Технічні особливості стенда P1250: наявність універсальних адаптерів, що дозволяють без зайвих зусиль встановлювати на стенд будь-який двигун, коробку передач, або інший вузол вагою до 1250 кг; наявність гальмівного редуктора, що самогальмується, який дозволяє повертати і фіксувати в

необхідному положенні закріплений на стенді двигун або інший вузол автомобіля.



Рисунок 1.1 - Стенд для розбирання автомобільних двигунів P1250

Технічні характеристики стенду для розбирання двигунів P1250 представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики стенда для розбирання двигунів P1250

Параметр	Значення
Тип стенда	стаціонарний стенд для розбирання двигунів
призначення	розбирання та складання автомобільних двигунів
кут повороту агрегату, град	360
вантажопідйомність, кг	1250
привід повороту	ручний / механічний
механізм повороту	черв'ячний редуктор
спосіб встановлення агрегату	на кріпильну плиту або спеціальне оснащення
обслуговування	одним працівником

маса нетто, кг	180–220
призначення за типом техніки	легкові та вантажні автомобілі, автобуси
країна виробник	Україна

Перевагою станду для розбирання двигунів Р1250 ЧЗАО є його універсальність, невисокі витрати на монтаж та експлуатацію, низька вартість порівняно з аналогами. Недоліком є незручність виконання ремонтних робіт на V-подібних двигунах

Кантувач для автомобільних агрегатів Werner Weitner WW-HV-1500 (рисунок 1.2) призначений для виконання ремонтних, розбирально-складальних і діагностичних робіт з двигунами вантажних автомобілів, автобусів, спеціальної техніки, а також іншими важкими автомобільними агрегатами. Завдяки універсальній конструкції стенд може використовуватися для закріплення різних типів двигунів та агрегатів трансмісії за допомогою відповідного комплекту кріпильного оснащення.



Рисунок 1.2 Кантувач для автомобільних агрегатів Werner Weitner WW-HV-1500

Кантувач забезпечує надійне закріплення агрегату та його поворот навколо горизонтальної осі на 360°, що дає змогу зручно виконувати ремонтні

операції з різних сторін без додаткового переміщення агрегату. Поворот здійснюється за допомогою ручного черв'ячного механізму, який забезпечує плавність обертання та фіксацію агрегату в необхідному положенні.

Конструкція стенда Werner Weitner WW-HV-1500 відзначається високою жорсткістю, стійкістю та безпечністю під час роботи з важкими агрегатами. Наявність опорної рами та коліс забезпечує можливість переміщення стенда в межах ремонтної зони. Завдяки вантажопідйомності до 1500 кг кантувач може застосовуватися на станціях технічного обслуговування, у ремонтних майстернях, автотранспортних підприємствах та сервісних центрах, що обслуговують вантажні автомобілі.

Технічні характеристики кантувача для автомобільних агрегатів Werner Weitner WW-HV-1500 представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики кантувача для автомобільних агрегатів Werner Weitner WW-HV-1500

Параметр	Значення
габаритні розміри, мм	1800×1000×1200
кут повороту агрегату, град	360
вантажопідйомність, кг	1500
привід повороту	ручний, черв'ячний механізм
маса нетто, кг	230–250
країна виробник	Німеччина
призначення	ремонт двигунів, коробка переключення передач та агрегатів трансмісії

Стенд-кантувач для ремонту автомобільних агрегатів Werner Weitner WW-HV-2500/E (рисунок 1.3) призначений для виконання розбирально-складальних робіт під час ремонту важких двигунів, коробок передач, мостів та інших агрегатів трансмісії вантажних автомобілів, автобусів, спеціальної промислової техніки.



Рисунок 1.3 – Стенд-кантувач для автомобільних агрегатів Werner Weitner WW-HV-2500/E

Стенд забезпечує надійне закріплення агрегату та його поворот навколо горизонтальної осі на 360°, що дозволяє виконувати ремонтні операції з різних сторін без додаткового переміщення агрегату. Поворот здійснюється електричним приводом через самогальмівний черв'ячний редуктор, завдяки чому забезпечується плавне обертання та безпечна фіксація агрегату в необхідному положенні.

Конструкція стенда має високу жорсткість і стійкість, що є важливим під час роботи з великогабаритними та важкими агрегатами. Наявність регулювання висоти, піддона для оливи, лотка для інструменту та гальмівних пристроїв підвищує зручність і безпечність виконання ремонтних робіт. Стенд може обслуговуватися одним працівником, що зменшує трудомісткість операцій і підвищує продуктивність ремонтної дільниці.

Порівняно зі стендом P770E, модель Werner Weitner WW-HV-2500/E є сучаснішим європейським аналогом, який має подібне функціональне призначення, електричний привід повороту, можливість обертання агрегату на 360° та розрахований на ремонт важких двигунів і трансмісій. Водночас стенд Werner Weitner WW-HV-2500/E має компактнішу й ергономічнішу конструкцію, а також краще пристосований для використання у сучасних сервісних центрах вантажної техніки. Виробник вказує для Werner Weitner

WW-HV-2500/E вантажопідйомність до 2500 кг, поворот на 360°, електропривід, самогальмівний черв'ячний механізм і регулювання висоти до 320 мм.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики стенда Werner Weitner WW-HV-2500/E

Параметр	Значення
Тип стенда	стаціонарно-пересувний стенд-кантувач
призначення	ремонт двигунів, коробка переключення передач, мостів та агрегатів трансмісії
вантажопідйомність, кг	до 2500
кут повороту агрегату, град	360
привід повороту	електричний
механізм повороту	самогальмівний черв'ячний редуктор
регулювання висоти, мм	до 320
додаткове оснащення	піддон для оливи, лоток для інструменту, гальмівні пристрої
обслуговування	одним працівником
країна виробник	Німеччина

Проведений аналіз конструкцій відомих стендів-кантувачів показує, що всі розглянуті моделі забезпечують виконання основних операцій з розбирання, складання та ремонту автомобільних двигунів і агрегатів трансмісії. Їх спільною перевагою є можливість повороту агрегату на 360°, що покращує доступ до окремих вузлів автомобіля і зменшує трудомісткість ремонтних робіт.

Разом з тим, існуючі конструкції мають низку недоліків. До них можна віднести значну масу та габарити стендів, складність переміщення в межах ремонтної ділянки, високу вартість імпортованих моделей, а також необхідність використання додаткових адаптерів для закріплення агрегатів різних типів. У стендах із ручним приводом повороту під час роботи з важкими двигунами

збільшується фізичне навантаження на працівника, а стенди з електричним приводом мають складнішу конструкцію та вищу вартість обслуговування.

Отже, можна зробити висновок, що наявні стенди-кантувачі не повністю поєднують універсальність, простоту конструкції, зручність експлуатації та доступну вартість. Це обґрунтовує необхідність подальшого аналізу умов їх роботи та розробки удосконаленої конструкції стенда для ремонту автомобільних агрегатів.

## **1.2 Аналіз умов експлуатації стендів-кантувачів в агрегатно-моторному відділенні**

Стенди-кантувачі для ремонту автомобільних двигунів та агрегатів трансмісії використовуються переважно в агрегатно-моторних відділеннях автотранспортних підприємств, ремонтних майстерень і станцій технічного обслуговування. Їх основним призначенням є забезпечення зручного закріплення, повороту та фіксації двигуна або іншого автомобільного агрегату під час виконання розбирально-складальних, дефектувальних, мийних і контрольних операцій.

У процесі ремонту двигун або агрегат трансмісії після демонтажу з автомобіля встановлюється на стенд за допомогою вантажопідіймального обладнання. Після закріплення агрегату на кріпильній плиті, планшайбі або спеціальному адаптері працівник має можливість повертати його у зручне положення. Це дозволяє отримати доступ до різних поверхонь і вузлів агрегату без його багаторазового переміщення по робочій зоні.

Умови експлуатації стендів-кантувачів характеризуються дією значних статичних і динамічних навантажень. Основним навантаженням є маса встановленого агрегату. Крім цього, під час виконання ремонтних операцій на конструкцію стенда діють додаткові зусилля, що виникають при відкручуванні різьбових з'єднань, демонтажі важких деталей, використанні ручного, пневматичного або електричного інструменту. Особливо значні навантаження виникають під час ремонту двигунів вантажних автомобілів, оскільки їх маса та

габарити є значно більшими порівняно з двигунами легкових автомобілів.

Важливою умовою роботи стенда є забезпечення стійкості під час повороту агрегату. При зміні положення двигуна зміщується центр маси, внаслідок чого на раму стенда, опорні колеса, кріпильні елементи та механізм повороту діють змінні навантаження. Якщо конструкція має недостатню жорсткість або малу площу опори, це може призвести до втрати стійкості, появи вібрацій, перекосів або небезпечного самовільного переміщення стенда.

Особливу увагу необхідно приділяти механізму повороту та фіксації агрегату. Поворотний вузол повинен забезпечувати плавне обертання двигуна навколо горизонтальної осі та надійне утримання його в заданому положенні. У стендах із ручним приводом це досягається за допомогою черв'ячного редуктора або іншого самогальмівного механізму. У стендах з електричним приводом додатково підвищується зручність роботи, однак ускладнюється конструкція та збільшується вартість обладнання.

Під час експлуатації стенда важливе значення має зручність доступу до агрегату. Працівник повинен мати можливість безперешкодно виконувати розбирання, складання, очищення, огляд і дефектацію деталей. Недостатній доступ до окремих зон двигуна призводить до збільшення трудомісткості ремонту, погіршення якості виконання операцій і підвищення фізичного навантаження на працівника. Тому конструкція стенда повинна забезпечувати можливість встановлення агрегату в різних просторових положеннях.

Експлуатація стенда-кантувача також пов'язана з вимогами до безпеки праці. Кріплення двигуна або агрегату трансмісії повинно бути надійним і виключати можливість його зміщення або падіння. Опорна рама має забезпечувати достатню стійкість навіть при повороті агрегату на значний кут. Колеса або опори стенда повинні мати фіксатори, які запобігають самовільному переміщенню обладнання під час роботи. Також необхідно передбачити захист працівника від защемлення рук у зоні поворотного механізму та рухомих частин.

Крім технічних і безпекових вимог, важливими є ергономічні умови роботи. Висота встановлення агрегату повинна забезпечувати можливість

виконання основних операцій без надмірного нахилу корпусу працівника, роботи у незручному положенні або прикладання значних фізичних зусиль. Наявність можливості повороту агрегату на 360° значно покращує ергономіку ремонту, оскільки працівник може розмістити двигун у найбільш зручному положенні для виконання конкретної операції.

У реальних умовах ремонтної ділянки стенд-кантувач повинен бути не лише міцним і надійним, але й достатньо компактним. Надмірні габарити обладнання ускладнюють організацію робочого місця, особливо в умовах невеликих ремонтних майстерень. Водночас зменшення габаритів не повинно погіршувати стійкість і вантажопідйомність стенда. Тому під час розробки нової конструкції необхідно забезпечити раціональне поєднання компактності, міцності, стійкості та зручності експлуатації.

Отже, аналіз умов експлуатації стендів-кантувачів показує, що до такого обладнання ставиться комплекс технічних, експлуатаційних, ергономічних і безпекових вимог. Стенд повинен забезпечувати надійне закріплення агрегату, можливість його повороту на 360°, фіксацію в необхідному положенні, достатню стійкість під навантаженням, зручний доступ до ремонтованих вузлів і безпечні умови праці. Саме ці вимоги необхідно враховувати при подальшому обґрунтуванні недоліків існуючих конструкцій та розробці удосконаленої моделі стенда-кантувача.

### **1.3 Основні недоліки існуючих конструкцій стендів-кантувачів для ремонту автомобільних агрегатів**

Аналіз конструкцій стендів-кантувачів, розглянутих у попередньому підрозділі, показує, що вони забезпечують виконання основних операцій з ремонту двигунів, коробок передач та інших агрегатів трансмісії. Разом з тим, у процесі їх практичного використання виникає низка конструктивних, експлуатаційних та ергономічних недоліків, які впливають на зручність, безпечність і продуктивність ремонтних робіт.

Одним із основних недоліків існуючих стендів є значна маса та габарити

конструкції. Це особливо характерно для стендів, призначених для ремонту важких двигунів вантажних автомобілів, автобусів і спеціальної техніки. Збільшення вантажопідйомності потребує використання масивної рами, посиленних опор, потужного поворотного вузла та надійного механізму фіксації. Унаслідок цього стенд займає значну площу в агрегатно-моторному відділенні та ускладнює раціональне розміщення іншого обладнання.

Велика маса стенда також ускладнює його переміщення в межах ремонтної ділянки. Навіть за наявності коліс або роликів опор пересування такого обладнання потребує додаткових зусиль і вільного простору. У невеликих ремонтних майстернях це створює незручності, оскільки стенд не завжди можна швидко перемістити до місця виконання робіт або розташувати у найбільш зручному положенні.

Ще одним суттєвим недоліком є недостатня універсальність кріплення агрегатів. Двигуни різних марок і моделей мають різну форму блока, розташування монтажних отворів, масу та центр ваги. Тому для встановлення різних агрегатів на стенд часто необхідно використовувати спеціальні перехідні плити, адаптери або додаткове кріпильне оснащення. Це збільшує час підготовки до ремонту, ускладнює встановлення агрегату та потребує наявності додаткового комплекту пристроїв.

Недостатня універсальність особливо проявляється під час роботи з V-подібними двигунами, великогабаритними агрегатами або агрегатами складної форми. У таких випадках не завжди вдається забезпечити зручне положення двигуна відносно працівника. Окремі зони агрегату можуть залишатися важкодоступними, що збільшує трудомісткість розбирання та складання, а також погіршує умови виконання дефектації деталей.

Важливим недоліком стендів із ручним приводом є підвищене фізичне навантаження на працівника. Під час ремонту важких двигунів поворот агрегату потребує прикладання значного зусилля, особливо якщо центр маси двигуна зміщений відносно осі обертання. У таких умовах працівник витрачає більше часу та сил на встановлення агрегату в потрібне положення. Це знижує продуктивність праці та може негативно впливати на безпеку виконання робіт.

Стенди з електричним приводом частково усувають цей недолік, оскільки поворот агрегату виконується без значних фізичних зусиль. Однак такі конструкції мають інші обмеження. Вони є складнішими за будовою, потребують електроживлення, додаткового технічного обслуговування та мають вищу вартість виготовлення або придбання. Для невеликих ремонтних підприємств це може бути економічно недоцільним, особливо якщо стенд використовується не постійно.

Окрему увагу необхідно звернути на стійкість стенда під час роботи. При повороті двигуна змінюється положення його центра маси, унаслідок чого на опорну раму та поворотний механізм діють змінні навантаження. Якщо конструкція стенда має недостатню ширину опори або недостатню жорсткість рами, це може призвести до появи перекосів, вібрацій або ризику перекидання. Тому для безпечної роботи стенд повинен мати достатній запас міцності та надійну систему фіксації.

Недоліком окремих конструкцій є також складність монтажу і демонтажу агрегату. Перед початком ремонту двигун необхідно точно зорієнтувати відносно кріпильних елементів стенда, сумістити монтажні отвори та надійно закріпити агрегат. Якщо конструкція кріплення незручна або потребує великої кількості операцій, це збільшує підготовчо-завершальний час. У результаті знижується загальна ефективність використання стенда.

До експлуатаційних недоліків можна віднести і складність технічного обслуговування самого стенда. Поворотні вузли, редуктори, фіксатори, колеса та різьбові з'єднання потребують періодичного огляду, змащування і контролю стану. У разі зношування або пошкодження цих елементів знижується точність фіксації агрегату, погіршується плавність повороту та збільшується небезпека під час роботи.

Важливим чинником є вартість стенда. Імпортні моделі, зокрема стенди з електричним приводом, мають високі експлуатаційні можливості, однак їх придбання потребує значних фінансових витрат. Крім того, у разі поломки можуть виникати труднощі з постачанням запасних частин або обслуговуванням. Для невеликих станцій технічного обслуговування та

ремонтних майстерень більш доцільною є проста, надійна й дешевша конструкція, яку можна виготовити або обслуговувати власними силами.

Таким чином, основними недоліками існуючих конструкцій стендів для ремонту автомобільних агрегатів є: значна маса та габарити, недостатня універсальність кріплення, підвищене фізичне навантаження при ручному приводі, висока вартість електропривідних моделей, складність монтажу агрегату, обмежена зручність доступу до окремих зон двигуна та необхідність регулярного обслуговування поворотного механізму. Наявність зазначених недоліків підтверджує доцільність розробки удосконаленої конструкції стенда, яка повинна поєднувати достатню вантажопідйомність, простоту будови, зручність експлуатації, безпечність і доступну вартість виготовлення.

#### **1.4 Обґрунтування необхідності розробки нової конструкції стенда-кантувача**

Проведений аналіз існуючих конструкцій стендів для ремонту автомобільних двигунів та агрегатів трансмісії показав, що наявне обладнання забезпечує виконання основних розбирально-складальних операцій, однак не завжди повністю відповідає вимогам сучасного ремонтного виробництва. У попередніх підрозділах було встановлено, що більшість стендів має подібне функціональне призначення: закріплення агрегату, його поворот навколо горизонтальної осі та фіксацію у необхідному положенні. Зокрема, у підрозділі 1.1 розглянуто стенди P1250, Werner Weitner WW-HV-1500 та Werner Weitner WW-HV-2500/E, які відрізняються вантажопідйомністю, типом приводу, конструкцією поворотного механізму та умовами використання .

Разом з тим, жодна з розглянутих конструкцій не поєднує повною мірою простоту будови, універсальність, компактність, зручність експлуатації та доступну вартість. Простіші стенди мають нижчу вартість і меншу складність конструкції, однак часто поступаються за ергономічністю, зручністю роботи з важкими або V-подібними двигунами та універсальністю кріплення. Більш досконалі імпортні моделі мають вищу вантажопідйомність, кращу жорсткість і

можуть оснащуватися електричним приводом, але при цьому характеризуються значною масою, великими габаритами, складністю технічного обслуговування та високою вартістю.

Для більш наочного обґрунтування необхідності розробки нової моделі стенду-кантувача доцільно виконати порівняльну характеристику розглянутих стендів і запропонованого напрямку удосконалення (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика існуючих стендів-кантувачів і розроблюваної конструкції

Стенди Показник	P1250	Werner Weitner WW-HV-1500	Werner Weitner WW-HV-2500/E	Розроблювана модель стенда
Призначення	ремонт двигунів і агрегатів до 1250 кг	ремонт двигунів, коробки переключення передач та агрегатів трансмісії до 1500 кг	ремонт важких двигунів, коробки переключення передач, мостів до 2500 кг	ремонт двигунів і агрегатів трансмісії легкових та вантажних автомобілів
Кут повороту агрегату	360°	360°	360°	360°
Привід повороту	ручний / механічний	ручний, через черв'ячний механізм	електричний	ручний механізований або комбінований через самогальмівний редуктор
Вантажопідйомність	до 1250 кг	до 1500 кг	до 2500 кг	орієнтовно 1500–2000 кг
Універсальність кріплення	середня, потрібні адаптери	вища, але залежить від оснащення	висока, але конструкція дорожча	універсальна кріпильна плита з регульованими кронштейнами
Зручність роботи з V-подібними двигунами	обмежена	краща	добра	покращена за рахунок зміни положення кріпильних елементів
Мобільність	обмежена	можлива завдяки колесам	обмежена через значну масу	пересувна конструкція з фіксацією коліс
Складність конструкції	невисока	середня	висока	середня, з орієнтацією на простоту виготовлення
Вартість	порівняно невисока	висока	дуже висока	нижча за імпортні аналоги

Основний недолік	незручність для окремих типів двигунів	ручний привід при значній масі агрегату	висока вартість і складність	має усунути основні недоліки аналогів
------------------	--	---	------------------------------	---------------------------------------

З наведеної таблиці видно, що розроблювана модель повинна займати проміжне положення між простими механічними стендами та дорогими імпортованими електропривідними конструкціями. Конструкція стенда повинна бути достатньо міцною для роботи з агрегатами вантажних автомобілів, але водночас не повинна мати надмірно складні по конструкції та дороговартісні елементи. Оптимальним напрямом є створення універсального стенда-кантувача з вантажопідйомністю орієнтовно 1500–2000 кг, поворотом агрегату на 360°, самогальмівним поворотним механізмом і регульованою системою кріплення.

Основною вимогою до нової конструкції стенда є забезпечення його універсальності. Стенд повинен дозволити встановлювати двигуни різних типів, зокрема рядні та V-подібні, а також окремі агрегати трансмісії. Для цього доцільно передбачити регульовані кронштейни або універсальну кріпильну плиту, яка дозволить змінювати положення точок кріплення залежно від конструкції агрегату. Таке рішення зменшить потребу у великій кількості окремих адаптерів і скоротить час підготовки стенда до роботи.

Важливим напрямом удосконалення є покращення ергономіки роботи. Нова модель стенда повинна забезпечувати зручний доступ до основних зон двигуна під час розбирання, складання, очищення та дефектації. Можливість повороту агрегату на 360° дасть змогу встановлювати його у найбільш зручне положення для виконання конкретної операції. Це дозволить зменшити фізичне навантаження на працівника, скоротити час ремонту та підвищити якість виконання робіт.

Також необхідно забезпечити достатню стійкість стенда. Під час повороту двигуна змінюється положення центра маси, тому рама стенда повинна мати необхідну жорсткість і достатню площу опори. Доцільним є використання посиленої зварної рами з опорними колесами та фіксаторами. Це дозволить поєднати мобільність конструкції з безпечністю її використання в робочій зоні.

З економічної точки зору розробка нової моделі стенда є доцільною, оскільки імпорتنі стенди мають високу вартість і не завжди є доступними для невеликих ремонтних підприємств. виготовлення стенда простої, але достатньо міцної конструкції з використанням стандартного металопрокату, доступних редукторів, підшипникових вузлів і кріпильних елементів дозволить зменшити собівартість обладнання. Крім того, така конструкція буде простішою в обслуговуванні та ремонті.

Для формування технічного завдання на розробку нової моделі стенда рекомендується прийняти такі орієнтовні параметри.

Таблиця 1.5 – Орієнтовні параметри розроблюваної конструкції стенда-кантувача

Параметр	Прийняте значення або вимога
тип конструкції	пересувний універсальний стенд-кантувач
призначення	ремонт двигунів, коробок передач та агрегатів трансмісії
вантажопідйомність, кг	1500–2000
кут повороту агрегату	360°
механізм повороту	самогальмівний черв'ячний редуктор або механізований привід
система кріплення	універсальна плита з регульованими кронштейнами
рама	зварна, з профільного металопрокату
опори	колісні, з фіксаторами положення
обслуговування	одним працівником
основні переваги	простота, універсальність, нижча вартість, зручність роботи
сфера застосування	агрегатно-моторні відділення, станція технічного обслуговування, ремонтні майстерні

Отже, необхідність розробки нової моделі стенда-кантувача обумовлена тим, що існуючі конструкції мають низку недоліків: значну масу і габарити, високу вартість, недостатню універсальність кріплення, складність роботи з окремими типами двигунів, а також підвищене фізичне навантаження на працівника при ручному повороті важких агрегатів. Розроблювана конструкція повинна поєднати переваги відомих аналогів і водночас усунути їх основні

недоліки.

Таким чином, подальша розробка стенда-кантувача є технічно та економічно обґрунтованою. Запропонована модель повинна бути універсальною, достатньо вантажопідйомною, безпечною, зручною в експлуатації та доступною для виготовлення в умовах ремонтного підприємства. Саме така конструкція стенда дозволить підвищити ефективність ремонту автомобільних двигунів і агрегатів трансмісії, зменшити трудомісткість операцій та покращити умови праці ремонтного персоналу.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Загальна характеристика технологічного процесу ремонту двигуна вантажного автомобіля

Ремонт двигуна вантажного автомобіля є складним технологічним процесом, який включає демонтаж агрегату з автомобіля, очищення, розбирання, дефектацію деталей, відновлення або заміну несправних елементів, складання та контроль його працездатності. Для зменшення трудомісткості робіт і покращення доступу до вузлів двигуна доцільно застосовувати спеціальний стенд-кантувач.

Основні етапи ремонту двигуна вантажного автомобіля наведено у таблиці 2.1. Така послідовність дозволяє систематизувати ремонтний процес і визначити місце застосування стенда-кантувача.

Таблиця 2.1 – Основні етапи технологічного процесу ремонту двигуна вантажного автомобіля

№ етапу	Назва етапу	Зміст робіт	Обладнання та інструмент
1	Приймання двигуна в ремонт	Зовнішній огляд, визначення несправностей, оформлення заявки на ремонт	Оглядовий інструмент, технічна документація
2	Демонтаж двигуна з автомобіля	Від'єднання систем живлення, охолодження, випуску, електропроводки, зняття двигуна	Кран-балка, таль, стропи, ключі
3	Зовнішнє очищення	Видалення бруду, оливи, пилу та залишків експлуатаційних матеріалів	Мийна установка, щітки, мийні засоби
4	Встановлення двигуна на стенд	Підведення двигуна до стенда, суміщення кріплень, фіксація агрегату	Стенд-кантувач, вантажопідіймальний механізм
5	Розбирання двигуна	Демонтаж навісного обладнання, головки блока, картера, шатунно-поршневої групи	Набір ключів, знімачі, пневмоінструмент

6	Миття деталей	Очищення деталей після розбирання	Мийна ванна, стиснене повітря
7	Дефектація деталей	Перевірка величини зносу, тріщин, деформацій, зазорів	Штангенциркуль, мікрометр, нутромір, індикатор
8	Ремонт або заміна деталей	Відновлення придатних деталей або заміна непридатних	Верстатне обладнання, ремонтний інструмент
9	Складання двигуна	Послідовне складання вузлів із контролем зазорів і моментів затягування	Динамометричний ключ, оправки, пристрої
10	Контроль і випробування	Перевірка герметичності, працездатності та якості складання	Контрольний стенд, прилади діагностики

З таблиці 2.1 видно, що стенд-кантувач безпосередньо використовується після демонтажу та очищення двигуна. Найбільше значення стенд має під час розбирання і складання двигуна, оскільки саме на цих етапах необхідний зручний доступ до різних частин агрегату.

Місце стенда-кантувача у загальній технологічній схемі ремонту двигуна наведено у таблиці 2.2. Це дозволяє визначити, на яких етапах його використання є основним, а на яких — допоміжним.

Таблиця 2.2 – Місце стенда-кантувача у технологічному процесі ремонту двигуна

Етап ремонту	Чи використовується стенд-кантувач	Значення стенда на цьому етапі
Демонтаж двигуна з автомобіля	Ні	Двигун знімається вантажопідіймальним обладнанням
Зовнішнє очищення	Частково	Може використовуватись для зручного доступу до поверхонь
Встановлення двигуна	Так	Забезпечує надійне закріплення двигуна
Розбирання двигуна	Так	Дозволяє повертати двигун у зручне положення
Дефектація деталей	Частково	Полегшує доступ до окремих зон агрегату
Складання двигуна	Так	Забезпечує зручне положення двигуна під час монтажу деталей

Контроль після складання	Частково	Дозволяє оглянути двигун з різних сторін
--------------------------	----------	--

Як видно з таблиці 2.2, стенд-кантувач є основним обладнанням на етапах встановлення, розбирання та складання двигуна. На етапах очищення, дефектації та контролю він виконує допоміжну функцію, забезпечуючи зручніше положення агрегату.

Порівняння виконання ремонтних робіт без стенда і з використанням стенда-кантувача наведено у таблиці 2.3. Це порівняння показує технологічні переваги застосування спеціального обладнання.

Таблиця 2.3 – Порівняння виконання ремонту двигуна без стенда та із застосуванням стенда-кантувача

Показник	Без застосування стенда	Із застосуванням стенда-кантувача
Доступ до нижньої частини двигуна	Ускладнений	Зручний завдяки повороту агрегату
Поворот двигуна	Виконується вручну або за допомогою крана	Виконується механізмом стенда
Безпека роботи	Нижча, можливе зміщення агрегату	Вища за рахунок фіксації двигуна
Трудомісткість операцій	Вища	Нижча
Якість розбирання і складання	Залежить від положення агрегату	Покращується завдяки зручному доступу
Фізичне навантаження на працівника	Значне	Зменшене
Організація робочого місця	Менш упорядкована	Більш раціональна

З таблиці 2.3 видно, що застосування стенда-кантувача покращує умови виконання ремонтних операцій. Основна перевага полягає у можливості безпечного повороту двигуна та його фіксації у положенні, зручному для працівника.

Орієнтовний розподіл робіт у технологічному процесі ремонту двигуна наведено у таблиці 2.4. Такий розподіл дозволяє визначити, які групи операцій займають найбільшу частку в загальній трудомісткості ремонту.

Таблиця 2.4 – Орієнтовна структура технологічного процесу ремонту двигуна

Група робіт	Частка у загальному процесі, %	Характеристика процесу
Демонтажно-монтажні роботи	20	Зняття двигуна з автомобіля та подальше встановлення
Очищення і миття	10	Підготовка агрегату та деталей до огляду
Розбирально-складальні роботи	35	Основна частина ремонту, де активно використовується стенд
Дефектація деталей	15	Контроль технічного стану деталей
Ремонт і заміна деталей	15	Відновлення працездатності двигуна
Контрольні операції	5	Перевірка якості складання

З таблиці 2.4 видно, що найбільшу частку займають розбирально-складальні роботи, які становлять близько 35% від загального обсягу ремонту. Саме на цих операціях застосування стенда-кантувача є найбільш ефективним, оскільки воно дозволяє зменшити час на переорієнтацію агрегату та покращити доступ до його вузлів.

Отже, технологічний процес ремонту двигуна вантажного автомобіля складається з послідовних операцій демонтажу, очищення, розбирання, дефектації, ремонту, складання та контролю. Найбільше значення стенд-кантувач має на етапах встановлення двигуна, розбирання та складання, оскільки саме на цих операціях потрібне надійне закріплення агрегату, його поворот і зручний доступ до основних вузлів. Це підтверджує доцільність використання спеціального стенда-кантувача у технологічному процесі ремонту двигунів вантажних автомобілів.

## 2.2 Технологічна схема використання стенда-кантувача

Стенд-кантувач використовується у технологічному процесі ремонту двигуна після його демонтажу з автомобіля та попереднього зовнішнього очищення. Основне призначення стенда полягає у надійному закріпленні

двигуна, його повороті на необхідний кут і фіксації у зручному положенні для виконання розбирально-складальних робіт.

Технологічна схема використання стенда-кантувача включає підготовку обладнання, встановлення двигуна, його закріплення, перевірку фіксації, виконання ремонтних операцій і зняття агрегату після завершення робіт. Послідовність основних операцій наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технологічна схема використання стенда-кантувача

№ операції	Назва операції	Зміст виконання	Засоби виконання
1	Підготовка стенда до роботи	Огляд рами, поворотного механізму, кріплень, коліс і фіксаторів	Візуальний огляд, набір ключів
2	Підготовка двигуна	Злив залишків оливи, зняття елементів, що заважають кріпленню	Ємність для оливи, ручний інструмент
3	Підведення двигуна до стенда	Переміщення двигуна до робочої зони стенда	Кран-балка, таль, гідравлічний кран
4	Суміщення точок кріплення	Орієнтування двигуна відносно опорних кріплень або поворотної рамки	Вантажопідіймальний механізм, монтажний інструмент
5	Закріплення двигуна	Фіксація двигуна болтами до кронштейнів або кріпильної плити	Болти, гайки, шайби, ключі
6	Перевірка надійності кріплення	Контроль затягування болтів і відсутності перекосів	Динамометричний ключ, візуальний огляд
7	Зняття навантаження з крана	Поступове передавання маси двигуна на стенд	Кран-балка або таль
8	Пробний поворот агрегату	Поворот двигуна на невеликий кут для перевірки стійкості	Рукоятка редуктора, поворотний механізм
9	Виконання ремонтних операцій	Розбирання, дефектація, складання та контроль вузлів двигуна	Набір інструментів, знімачі, пристрої
10	Зняття двигуна	Підхоплення двигуна	Кран-балка, стропи, ключі

	зі стенда	краном, відкручування кріплень, переміщення агрегату	
--	-----------	--	--

З таблиці 2.5 видно, що використання стенда-кантувача потребує чіткої послідовності виконання операцій. Найбільш відповідальними є етапи закріплення двигуна, перевірки фіксації та пробного повороту, оскільки від них залежить безпека подальшого виконання ремонтних робіт.

Для зручності технологічний процес використання стенда можна подати у вигляді послідовної схеми (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 Технологічна схема роботи зі стендом-кантувачем

Етап	Операція	Результат виконання
1	Огляд і підготовка стенда	Стенд готовий до встановлення двигуна
2	Підготовка двигуна до встановлення	Двигун очищений і підготовлений до кріплення
3	Підведення двигуна до стенда	Двигун розміщений біля поворотної рамки
4	Кріплення двигуна до стенда	Двигун надійно зафіксований
5	Перевірка стійкості та фіксації	Підтверджено безпечність роботи
6	Поворот двигуна у робоче положення	Забезпечено доступ до потрібної зони
7	Виконання ремонту	Виконано розбирання або складання
8	Зняття двигуна зі стенда	Двигун передано на наступний етап ремонту

Наведена схема показує, що стенд-кантувач є не окремим допоміжним пристроєм, а повноцінним елементом технологічного процесу ремонту двигуна. Він забезпечує перехід від простого утримання агрегату до його керованого просторового положення.

Особливістю використання стенда є можливість встановлення двигуна у різних положеннях залежно від виду ремонтної операції. Це дозволяє скоротити час на доступ до окремих вузлів і зменшити фізичне навантаження на працівника.

Таблиця 2.7 – Рекомендовані положення двигуна на стенді під час

## виконання ремонтних операцій

Положення двигуна	Орієнтовний кут повороту, град.	Приклади виконуваних операцій
Вертикальне	0	Зняття навісного обладнання, огляд бокових поверхонь
Поворот на бік	90	Демонтаж колекторів, паливної апаратури, допоміжних вузлів
Перевернуте	180	Зняття піддона картера, масляного насоса, доступ до нижньої частини
Проміжне	45–135	Очищення, дефектація, демонтаж важкодоступних деталей
Повернення у вихідне положення	0	Складання, контроль і підготовка до зняття зі стенда

З таблиці 2.7 видно, що поворот двигуна на стенді дозволяє виконувати операції у найбільш зручному положенні. Особливо важливим є доступ до нижньої частини двигуна, який без стенда значно ускладнений.

Для оцінки доцільності використання стенда-кантувача можна порівняти окремі операції при звичайному способі ремонту та при застосуванні стенда.

Таблиця 2.8 – Вплив стенда-кантувача на виконання основних ремонтних операцій

Операція	Без стенда-кантувача	Із застосуванням стенда-кантувача
Зняття піддона картера	Потребує незручного положення двигуна або додаткового підйому	Виконується після повороту двигуна на 180°
Демонтаж колекторів	Обмежений доступ до кріплень	Двигун повертається у зручне бокове положення
Зняття головки блока	Потрібне точне розташування агрегату на опорі	Двигун зафіксований, доступ до верхньої частини вільний
Демонтаж колінчастого вала	Складний доступ до нижньої частини блока	Забезпечується зручний доступ після повороту
Складання двигуна	Потребує частого переміщення агрегату	Агрегат фіксується у потрібному положенні
Контроль після складання	Огляд окремих зон ускладнений	Можливий огляд двигуна з усіх сторін

Застосування стенда-кантувача дає найбільший ефект під час операцій, де потрібен доступ до нижньої або бокової частини двигуна. Завдяки повороту агрегату працівник виконує ремонтні дії без зайвого переміщення двигуна та без небезпечного використання випадкових опор. Для забезпечення безпечної роботи необхідно контролювати ключові п98.

Таблиця 2.9 – Контрольні дії перед початком роботи зі стендом-кантувачем

Контрольний параметр	Контролюючий параметр	Мета перевірки
Стан рами	Відсутність тріщин, деформацій, перекосів	Забезпечення міцності та стійкості
Поворотний механізм	Плавність ходу, відсутність заклинювання	Безпечний поворот агрегату
Кріпильні елементи	Стан болтів, гайок, шайб, кронштейнів	Запобігання зміщенню двигуна
Фіксатори коліс	Надійність блокування коліс	Запобігання самовільному переміщенню стенда
Положення двигуна	Відсутність перекосу, правильне суміщення отворів	Рівномірне навантаження на кріплення
Надійність затягування	Момент затягування болтових з'єднань	Безпечне утримання агрегату

Контрольні дії перед початком роботи є обов'язковими, оскільки стенд працює з важким агрегатом. Навіть незначне послаблення кріплення або перекоє двигуна може призвести до підвищеного навантаження на раму, поворотний вузол і болтові з'єднання.

Отже, технологічна схема використання стенда-кантувача передбачає послідовну підготовку обладнання, встановлення двигуна, його надійне закріплення, перевірку фіксації, поворот у необхідне положення та виконання ремонтних операцій. Найбільша ефективність стенда проявляється під час робіт, пов'язаних із доступом до нижньої та бокових частин двигуна. Використання стенда дозволяє підвищити безпеку, зменшити трудомісткість ремонту та покращити організацію робочого місця.

### 2.3 Операційна технологія розбирання двигуна на стенді-кантувачі

Операційна технологія розбирання двигуна на стенді-кантувачі передбачає послідовне виконання робіт із демонтажу навісного обладнання, основних систем двигуна, головки блока циліндрів, деталей кривошипно-шатунного механізму та інших вузлів. Використання стенда дозволяє встановлювати двигун у зручне положення для кожної операції, що зменшує трудомісткість і підвищує безпеку виконання робіт.

Послідовність розбирання двигуна вантажного автомобіля на стенді-кантувачі наведено у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Операційна технологія розбирання двигуна на стенді-кантувачі

№ операції	Назва операції	Положення двигуна на стенді, град.	Інструмент та обладнання	Технологічні особливості
1	Підготовка двигуна до розбирання	0	Набір ключів, ємність для оливи	Перевірити кріплення двигуна, злити залишки оливи та охолоджувальної рідини
2	Демонтаж навісного обладнання	0	Ключі, викрутки, знімачі	Зняти генератор, стартер, компресор, насос гідропідсилювача та інші навісні вузли
3	Зняття паливної апаратури	0–45	Ключі, заглушки, маркувальні бирки	Від'єднати трубопроводи, форсунки, паливний насос; отвори закрити заглушками
4	Демонтаж впускного і випускного колекторів	45–90	Торцеві ключі, пневмоінструмент	Повернути двигун у бокове положення для зручного доступу до кріплень
5	Зняття елементів	0–45	Ключі, пасатижі	Демонтувати патрубки, водяний

	системи охолодження			насос, термостат, корпуси з'єднань
6	Зняття кришки клапанного механізму	0	Торцеві ключі	Забезпечити чистоту, не допускати потрапляння бруду всередину двигуна
7	Демонтаж клапанного механізму	0	Ключі, знімач пружин, маркувальні бирки	Зняти коромисла, штанги, осі; деталі маркувати за місцем встановлення
8	Зняття головки блока циліндрів	0	Динамометричний ключ, таль, траверса	Відкручувати болти у встановленій послідовності, головку знімати вантажопідіймальним пристроєм
9	Демонтаж піддона картера	180	Ключі, скребок, ємність для оливи	Повернути двигун у перевернуте положення, відкрутити кріплення піддона
10	Зняття масляного насоса та маслоприймача	180	Ключі, викрутки	Після демонтажу оглянути сітку маслоприймача та корпус насоса
11	Демонтаж кришок шатунів	180	Торцеві ключі, маркер	Кришки шатунів позначити відповідно до циліндрів
12	Виймання поршнів із шатунами	90–180	Дерев'яна оправка, ключі	Поршні виштовхувати обережно, не пошкоджуючи дзеркало циліндрів
13	Демонтаж маховика та картера зчеплення	0–90	Фіксатор маховика, торцеві ключі	Перед відкручуванням болтів зафіксувати маховик від провертання
14	Зняття кришок корінних підшипників	180	Торцеві ключі, маркер	Кришки маркувати за порядком встановлення
15	Виймання колінчастого	180	Таль, м'які стропи	Вал виймати обережно, не

	вала			пошкоджуючи шийки та вкладиші
16	Демонтаж розподільного вала	0–90	Знімач, ключі	Вал витягувати рівномірно, уникаючи пошкодження опорних шийок
17	Остаточне розбирання блока	0–90	Ключі, знімачі, викрутки	Зняти залишкові пробки, кронштейни, датчики, заглушки
18	Підготовка деталей до миття і дефектації	0	Контейнери, маркувальні бирки	Деталі розкласти за групами, маркувати та передати на миття

Після виконання операцій, наведених у таблиці 2.10, двигун вважається повністю розібраним і підготовленим до миття, дефектації та визначення обсягу ремонтних робіт. Особливо важливо під час розбирання не змішувати парні та взаємно припрацьовані деталі, оскільки це може вплинути на якість подальшого складання.

Для зручності виконання робіт доцільно групувати операції розбирання за основними вузлами двигуна. Такий підхід дозволяє краще організувати робоче місце та зменшити втрати часу на пошук інструменту і переміщення деталей.

Таблиця 2.11 – Групування операцій розбирання двигуна за вузлами

Група робіт	Основні операції	Особливості виконання
Підготовчі роботи	Злив рідин, перевірка кріплення, очищення поверхонь	Виконуються перед початком основного розбирання
Демонтаж навісного обладнання	Зняття генератора, стартера, компресора, насосів	Деталі складати окремо, кріплення маркувати
Розбирання системи живлення	Демонтаж паливних трубок, форсунок, паливного насоса	Отвори закривати заглушками для запобігання забрудненню
Розбирання газорозподільного механізму	Зняття кришки, коромисел, штанг, клапанного механізму	Деталі маркувати відповідно до місця встановлення
Демонтаж головки блока	Відкручування болтів,	Болти відкручувати

	зняття головки, прокладки	поступово, без перекосу
Розбирання нижньої частини двигуна	Зняття піддона, масляного насоса, кришок шатунів	Двигун повертається на 180°
Розбирання кривошипно-шатунного механізму	Виймання поршнів, шатунів, колінчастого вала	Не допускати пошкодження шийок вала і дзеркала циліндрів
Завершальні операції	Зняття датчиків, пробок, заглушок, сортування деталей	Деталі готуються до миття і дефектації

З таблиці 2.11 видно, що стенд-кантувач найбільше використовується під час розбирання нижньої частини двигуна та кривошипно-шатунного механізму. Саме на цих операціях необхідний поворот агрегату для забезпечення зручного доступу до піддона, масляного насоса, шатунних і корінних кришок.

Під час розбирання двигуна важливо дотримуватися правильної організації деталей. Деталі, які працювали в парі або мають індивідуальне припрацювання, не можна змішувати між собою. Основні вимоги до маркування деталей наведено у таблиці 2.12.

Таблиця 2.11 – Вимоги до маркування і зберігання деталей під час розбирання

Деталь або вузол двигуна	Спосіб маркування	Причина маркування
Кришки шатунів	Позначити номер циліндра	Кришка повинна встановлюватися на свій шатун
Кришки корінних підшипників	Позначити порядковий номер і напрям встановлення	Забезпечення правильного положення при складанні
Штовхачі, штанги, коромисла	Розкладати за циліндрами	Деталі мають індивідуальне припрацювання
Поршні з шатунами	Позначити номер циліндра	Збереження відповідності поршня і циліндра
Вкладиші підшипників	Зберігати разом із відповідними кришками	Для аналізу характеру зносу
Болти головки блока	Розкласти за порядком демонтажу	Контроль стану та можливість повторного використання
Паливні трубки	Позначити місце	Запобігання помилкам при

	під'єднання	складанні
Прокладки і ущільнення	Зберігати окремо як зразки	Підбір нових ущільнювальних елементів

Правильне маркування деталей забезпечує якісне подальше складання двигуна. Особливо це важливо для деталей кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, які під час роботи двигуна припрацьовуються до конкретного місця встановлення.

Для окремих операцій необхідно вибирати відповідне положення двигуна на стенді. Це дозволяє зменшити трудомісткість робіт і уникнути роботи в незручному положенні.

Таблиця 2.13 – Вибір положення двигуна на стенді залежно від операції розбирання

Операції розбирання	Рекомендований кут повороту двигуна, град	Обґрунтування
Зняття навісного обладнання	0	Забезпечується доступ до передньої і бокових частин двигуна
Демонтаж колекторів	45–90	Покращується доступ до бокових кріплень
Зняття головки блока	0	Головка знімається вертикально без перекосу
Зняття піддона картера	180	Нижня частина двигуна стає доступною зверху
Демонтаж масляного насоса	180	Забезпечується прямий доступ до насоса і маслоприймача
Виймання поршнів із шатунами	90–180	Зручно контролювати рух поршня і стан циліндра
Демонтаж колінчастого вала	180	Вал доступний зверху, зменшується ризик пошкодження
Остаточне очищення блока	45–90	Забезпечується доступ до каналів, отворів і бокових поверхонь

З таблиці 2.13 видно, що основною перевагою стенда є можливість змінювати положення двигуна залежно від конкретної операції. Це дозволяє виконувати розбирання без додаткових підставок, нахилів агрегату або

небезпечного використання вантажопідіймального обладнання як опори.

Для оцінки ефективності застосування стенда можна орієнтовно порівняти трудомісткість виконання окремих операцій при звичайному способі розбирання та при використанні стенда-кантувача.

Таблиця 2.14 – Орієнтовне зменшення трудомісткості виконання окремих ремонтних операцій при застосуванні стенда-кантувача

Операція	Без використання стенда, люд.-год	З використанням стенда, люд.-год	Зменшення трудомісткості, %
Демонтаж піддона картера	0,8	0,5	37,5
Зняття масляного насоса	0,6	0,4	33,3
Демонтаж колекторів	1,2	0,9	25,0
Виймання поршнів із шатунами	1,8	1,4	22,2
Демонтаж колінчастого вала	2,0	1,5	25,0
Остаточне розбирання блока	1,0	0,8	20,0

З таблиці 2.14 видно, що найбільше зменшення трудомісткості спостерігається при виконанні операцій, пов'язаних із доступом до нижньої частини двигуна. Це пояснюється тим, що стенд дозволяє швидко повернути двигун у потрібне положення та надійно зафіксувати його без додаткових допоміжних пристроїв.

Операційна технологія розбирання двигуна на стенді-кантувачі передбачає послідовне виконання підготовчих, демонтажних, контрольних і завершальних операцій. Використання стенда дає змогу змінювати положення двигуна залежно від виду робіт, забезпечує зручний доступ до основних вузлів, зменшує трудомісткість операцій та підвищує безпеку праці. Найбільший технологічний ефект стенд забезпечує під час демонтажу піддона картера,

масляного насоса, поршневої групи та колінчастого вала.

## **2.4 Організація робочого місця агрегатно-моторного відділення**

Раціональна організація робочого місця агрегатно-моторного відділення має важливе значення для якісного та безпечного виконання ремонту двигунів вантажних автомобілів. Основним обладнанням у даній зоні є стенд-кантувач, який забезпечує надійне закріплення двигуна, його поворот у зручне положення та доступ до основних вузлів агрегату.

У попередніх підрозділах було встановлено, що найбільша ефективність стенда проявляється під час розбирання та складання двигуна, особливо при виконанні операцій із доступом до нижньої та бокових частин агрегату. Тому робоче місце необхідно організувати таким чином, щоб забезпечити вільний підхід до стенда, зручне розміщення інструменту, можливість переміщення двигуна вантажопідіймальним обладнанням і безпечне виконання ремонтних операцій.

На рисунку 2.1 показано приклад розміщення стенда-кантувача в агрегатно-моторному відділенні. Стенд розташовується у центральній частині робочої зони, що забезпечує доступ до двигуна з трьох сторін. Уздовж стін розміщуються допоміжні елементи: верстак з інструментом, стелаж для деталей, візок для інструменту, мийна ванна, шафа для пристосувань і контейнер для відпрацьованих матеріалів.

Таке компонування дозволяє розділити робочу зону на декілька функціональних ділянок: зону встановлення двигуна, зону розбирання, зону миття деталей, зону зберігання інструменту та зону тимчасового складування демонтованих елементів.

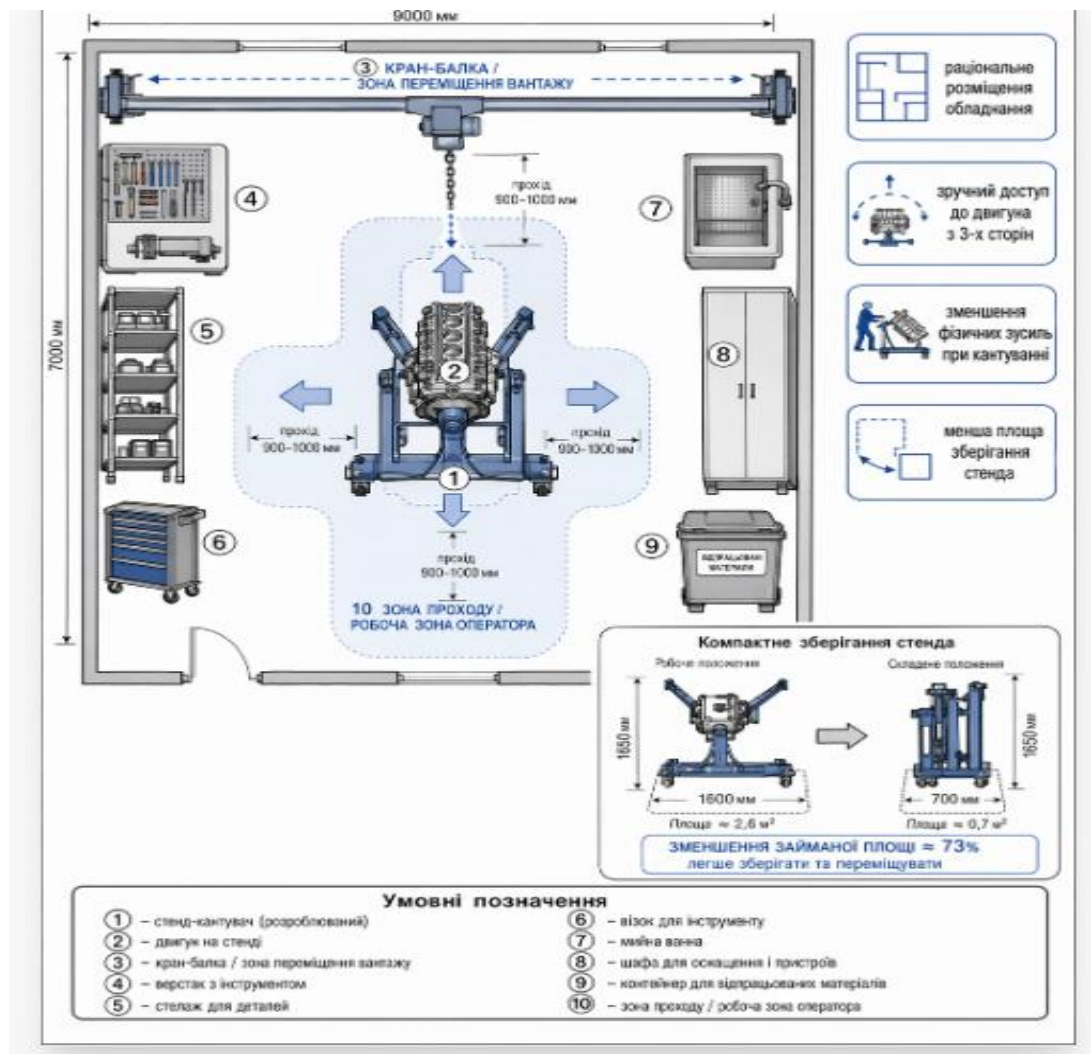


Рисунок 2.1 – Схема організації робочого місця агрегатно-моторного відділення

В таблиці 2.15 приведено характеристики та службове призначення основного та допоміжного обладнання агрегатно-моторного відділення

Таблиця 2.15 – Основні елементи робочого місця агрегатно-моторного відділення

№ за рисунком 2.1	Елемент робочого місця	Призначення
1	Стенд-кантувач	Закріплення, поворот і фіксація двигуна під час ремонту
2	Двигун на стенді	Об'єкт ремонту, встановлений у зручному положенні
3	Кран-балка або зона переміщення вантажу	Піднімання та встановлення двигуна на стенд
4	Верстак з інструментом	Виконання дрібних слюсарних робіт, розміщення інструменту
5	Стелаж для деталей	Тимчасове зберігання демонтованих деталей і вузлів

6	Візок для інструменту	Переміщення необхідного інструменту безпосередньо до стенда
7	Мийна ванна	Очищення деталей після демонтажу
8	Шафа для оснащення і пристроїв	Зберігання пристосувань, знімачів, оправок і кріплень
9	Контейнер для відпрацьованих матеріалів	Збирання забруднених ганчірок, прокладок, фільтрів та інших відходів
10	Робоча зона оператора	Вільний простір для безпечного виконання ремонтних робіт

З таблиці 2.15 видно, що всі елементи робочого місця розташовуються відповідно до послідовності виконання технологічних операцій. Це зменшує зайві переміщення працівника, скорочує час на пошук інструменту та підвищує зручність виконання ремонту.

Таблиця 2.16 – Функціональні зони агрегатно-моторного відділення

Функціональна зона	Основне обладнання	Виконувані роботи	Вимоги до розміщення
Зона встановлення двигуна	Кран-балка, стенд-кантувач	Підведення, піднімання і закріплення двигуна	Повинна мати вільний простір над стендом
Зона розбирання і складання	Стенд-кантувач, візок з інструментом	Демонтаж і монтаж вузлів двигуна	Доступ до стенда з трьох сторін
Зона інструменту	Верстак, інструментальний візок	Підбір і використання інструменту	Розміщується поблизу стенда
Зона зберігання деталей	Стелаж для деталей	Складування знятих деталей	Має бути відокремлена від проходу
Зона миття	Мийна ванна	Очищення деталей від оливи та забруднень	Бажано розміщувати збоку від основної робочої зони
Зона відходів	Контейнер для відпрацьованих матеріалів	Збирання відходів ремонту	Не повинна заважати переміщенню працівника

Правильне зонування робочого місця дозволяє уникнути хаотичного розміщення деталей та інструменту. Завдяки цьому підвищується культура виробництва, зменшується ризик втрати дрібних деталей і покращується безпека праці.

Таблиця 2.17 – Порівняння організації робіт без стенда та із застосуванням розроблюваного стенда

Показник	Традиційна організація без стенда	Організація із застосуванням стенда-кантувача
Розміщення двигуна	На підставках, візку або випадкових опорах	На спеціальному стенді з фіксацією
Доступ до двигуна	Обмежений, особливо знизу	Доступ з трьох сторін і можливість повороту
Поворот агрегату	Потребує крана або додаткових працівників	Виконується механізмом стенда
Фізичне навантаження	Підвищене	Зменшене
Безпека роботи	Нижча через ризик зміщення агрегату	Вища за рахунок фіксації двигуна
Організація інструменту	Часто неупорядкована	Інструмент розташований поруч у візку або на верстаку
Використання площі	Менш раціональне	Компактніше і впорядковане
Зберігання обладнання	Потребує більше місця	Можливе компактне зберігання стенда

З таблиці 2.17 видно, що застосування стенда-кантувача покращує не лише сам процес ремонту, а й загальну організацію робочого місця. Двигун фіксується у визначеному положенні, а інструмент і допоміжне обладнання розміщуються у зоні швидкого доступу.

Важливою перевагою розроблюваної конструкції стенда є покращення ергономіки роботи. Працівник має можливість повертати двигун у потрібне положення без використання додаткових підставок або повторного піднімання агрегату краном. Це зменшує фізичне навантаження і дозволяє виконувати ремонтні операції у більш зручному положенні.

Особливо це важливо під час демонтажу піддона картера, масляного насоса, шатунно-поршневої групи та колінчастого вала. У традиційних умовах

для доступу до цих вузлів двигун необхідно нахилити, підняти або переміщувати, що є незручним і небезпечним. Стенд-кантувач дозволяє виконати ці операції шляхом повороту агрегату на необхідний кут.

Таблиця 2.18 – Ергономічні переваги використання стенда-кантувача

Ергономічний показник	Результат застосування стенда
Доступ до двигуна	Забезпечується з трьох сторін
Положення працівника	Зменшується потреба працювати в нахиленому положенні
Поворот двигуна	Виконується без повторного використання крана
Фізичні зусилля	Зменшуються під час кантування агрегату
Безпечність робіт	Підвищується за рахунок надійної фіксації двигуна
Швидкість виконання операцій	Зростає завдяки кращому доступу до вузлів
Організація інструменту	Інструмент розташовується ближче до робочої зони
Зберігання стенда	Можливе компактне розміщення у неробочому положенні

Застосування розроблюваного стенда дозволяє раціональніше використовувати площу агрегатно-моторного відділення. У робочому положенні стенд забезпечує стійкість і доступ до двигуна, а в неробочому положенні може займати менше місця, що є особливо важливим для невеликих ремонтних майстерень.

Таблиця 2.19 – Орієнтовні вимоги до розміщення стенда-кантувача

Параметр організації робочого місця	Рекомендоване значення або вимога
Вільний прохід навколо стенда	не менше 900–1000 мм
Доступ до двигуна	не менше ніж з трьох сторін
Розміщення кран-балки	над зоною встановлення двигуна
Відстань до верстака з інструментом	у межах швидкого доступу працівника
Розміщення стелажа для деталей	збоку від основної зони проходу
Розміщення мийної ванни	окремо від зони складання чистих деталей
Фіксація стенда	обов'язкова перед початком робіт
Освітлення робочої зони	рівномірне, без затінення двигуна

Дотримання наведених вимог забезпечує безпечно та зручне виконання ремонту. Особливу увагу необхідно приділяти проходам навколо стенда, оскільки працівник повинен мати змогу вільно переміщуватися під час розбирання і складання двигуна.

Отже, організація робочого місця агрегатно-моторного відділення повинна забезпечувати раціональне розміщення стенда-кантувача, вантажопідіймального обладнання, інструменту, стелажів для деталей і допоміжного оснащення. Центральне розташування стенда дозволяє забезпечити доступ до двигуна з трьох сторін, скоротити зайві переміщення працівника та підвищити безпеку виконання робіт.

Розроблюваний стенд-кантувач покращує ергономіку ремонту, оскільки дозволяє повертати двигун у зручне положення, зменшує фізичні зусилля працівника та забезпечує компактніше зберігання обладнання у неробочому положенні. Це робить його доцільним для застосування в агрегатно-моторних відділеннях автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування вантажних автомобілів.

## **2.5 Розрахунок трудомісткості робіт із застосуванням стенда**

Завершальним етапом технологічного розділу є оцінка впливу застосування розроблюваного стенда-кантувача на трудомісткість ремонтних робіт. У попередніх підрозділах було встановлено, що стенд використовується під час встановлення, розбирання, складання і контролю двигуна. Його основна перевага полягає у можливості повороту агрегату на необхідний кут і фіксації у зручному положенні, що зменшує кількість допоміжних операцій і фізичне навантаження на працівника.

Трудомісткість ремонтних робіт можна визначити як суму витрат часу на виконання окремих технологічних операцій:

$$T_{\text{заг}} = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n,$$

де  $T_{\text{заг}}$  — загальна трудомісткість робіт, люд.-год;

$T_1, T_2, T_3 \dots T_n$  — трудомісткість окремих операцій, люд.-год.

Для порівняння приймаємо два варіанти виконання робіт:

Перший варіант — розбирання двигуна без спеціального станда, із застосуванням підставок, крана та додаткових переміщень агрегату;

Другий варіант — розбирання двигуна із застосуванням розроблюваного станда-кантувача.

Орієнтовна трудомісткість окремих операцій наведена в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Порівняння трудомісткості робіт без станда та із застосуванням станда-кантувача

Операція	Без станда, люд.-год	Із застосуванням станда, люд.-год
Встановлення двигуна у робоче положення	0,8	0,5
Демонтаж навісного обладнання	1,5	1,4
Зняття колекторів	1,2	0,9
Зняття головки блока циліндрів	1,6	1,4
Демонтаж піддона картера	0,8	0,5
Зняття масляного насоса	0,6	0,4
Виймання поршнів із шатунами	1,8	1,4
Демонтаж колінчастого вала	2,0	1,5
Остаточне розбирання блока	1,0	0,8
Підготовка деталей до миття і дефектації	0,7	0,6
Загальна трудомісткість	12,0	9,4

Загальна трудомісткість розбирання двигуна без застосування станда становить:

$$T_{\text{без}} = 12,0 \text{ люд.-год.}$$

Загальна трудомісткість розбирання двигуна із застосуванням станда-кантувача становить:

$$T_{\text{ст}} = 9,4 \text{ люд.-год.}$$

Зменшення трудомісткості визначається за формулою:

$$\Delta T = T_{\text{без}} - T_{\text{ст}},$$

$$\Delta T = 12,0 - 9,4 = 2,6 \text{ люд.-год.}$$

Отже, застосування станда дозволяє зменшити трудомісткість розбирання

одного двигуна на:

2,6 люд.-год

Відносне зниження трудомісткості визначається за формулою:

$$E_T = \frac{T_{\text{без}} - T_{\text{ст}}}{T_{\text{без}}} \cdot 100\%,$$
$$E_T = \frac{12,0 - 9,4}{12,0} \cdot 100\% = 21,7\%.$$

Таким чином, використання стенда-кантувача дозволяє зменшити трудомісткість розбирання двигуна приблизно на 21,7%.

Найбільше скорочення часу спостерігається під час операцій, пов'язаних із доступом до нижньої частини двигуна: демонтажу піддона картера, масляного насоса, шатунно-поршневої групи та колінчастого вала. Це пояснюється тим, що без стенда двигун потрібно додатково нахилити, підняти або переорієнтувати за допомогою крана. При використанні стенда ці операції виконуються шляхом повороту агрегату на потрібний кут.

Для оцінки економії робочого часу за певний період можна прийняти, що в агрегатно-моторному відділенні протягом місяця ремонтується 8 двигунів вантажних автомобілів. Тоді місячна економія трудомісткості становитиме:

$$T_{\text{ек.міс}} = \Delta T \cdot N,$$

Де  $T_{\text{ек.міс}}$  — економія трудомісткості за місяць, люд.-год;

$\Delta T$  — економія часу на одному двигуні, люд.-год;

$N$  — кількість двигунів, що ремонтуються за місяць.

$$T_{\text{ек.міс}} = 2,6 \cdot 8 = 20,8 \text{ люд.-год.}$$

Тобто за місяць застосування стенда дозволяє зекономити близько:

20,8 люд.-год.

За рік, при такому самому обсязі робіт, економія становитиме:

$$T_{\text{ек.рік}} = 20,8 \cdot 12 = 249,6 \text{ люд.-год.}$$

Отримане значення показує, що навіть при відносно невеликій кількості ремонтів застосування стенда-кантувача дає помітне скорочення витрат робочого часу. Крім прямої економії трудомісткості, стенд покращує

організацію робочого місця, зменшує кількість небезпечних операцій із підніманням і переміщенням двигуна та забезпечує кращий доступ до вузлів агрегату.

Таблиця 2.21 – Результати розрахунку ефективності застосування стенда-кантувача

Показник	Значення
Трудомісткість розбирання двигуна без стенда, люд.-год	12,0
Трудомісткість розбирання двигуна із застосуванням стенда, люд.-год	9,4
Економія часу на одному двигуні, люд.-год	2,6
Зниження трудомісткості, %	21,7
Кількість ремонтів двигунів за місяць	8
Економія часу за місяць, люд.-год	20,8
Економія часу за рік, люд.-год	249,6

З таблиці 2.21 видно, що застосування стенда-кантувача дозволяє не лише зменшити час виконання окремих операцій, а й отримати суттєву річну економію трудових витрат. При цьому ефективність стенда проявляється не тільки у скороченні трудомісткості, але й у підвищенні безпеки, зручності та якості виконання ремонтних робіт.

Висновок. Проведений розрахунок показав, що використання розроблюваного стенда-кантувача дозволяє зменшити трудомісткість розбирання двигуна вантажного автомобіля з 12,0 до 9,4 люд.-год, тобто на 2,6 люд.-год для одного двигуна. Відносне зниження трудомісткості становить приблизно 21,7%.

При ремонті 8 двигунів на місяць річна економія робочого часу може становити близько 249,6 люд.-год. Це підтверджує технологічну доцільність застосування стенда-кантувача в агрегатно-моторному відділенні. Крім скорочення трудомісткості, стенд забезпечує зручніше положення двигуна, покращує доступ до його вузлів, зменшує фізичні зусилля працівника та підвищує безпеку виконання ремонтних операцій.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Загальна будова стенда-кантувача для ремонту двигуна

Розроблюваний стенд-кантувач призначений для закріплення, повороту та фіксації двигунів внутрішнього згоряння вантажних автомобілів під час виконання розбирально-складальних і ремонтних робіт. Конструкція стенда повинна забезпечувати надійне утримання двигуна, можливість його повороту навколо горизонтальної осі та зручний доступ до основних вузлів агрегату. У першому розділі вже обґрунтовано необхідність створення такої конструкції, оскільки існуючі стенди не повністю поєднують універсальність, простоту будови, зручність експлуатації та доступну вартість.

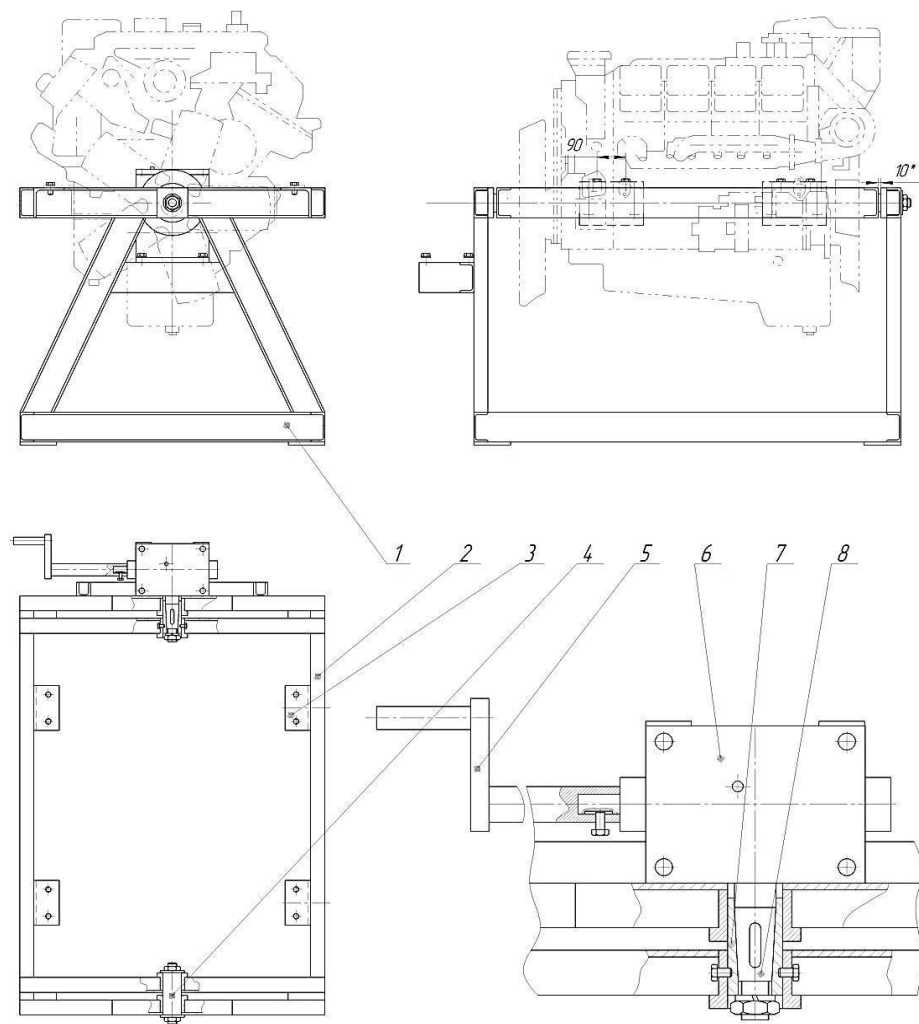


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема стенда-кантувача для ремонту двигуна

1 – рама; 2 – поворотна рамка; 3 – опорні кріплення; 4 – вісь рамки; 5 – рукоятка редуктора; 6 – редуктор; 7 – втулка поворотна; 8 – вихідний вал поворотного редуктора.

Конструктивно стенд складається з нерухомої опорної частини, поворотної частини та механізму кантування. Нерухомою основою є рама 1, яка сприймає основне навантаження від маси двигуна та передає його на опорну поверхню. До рами приєднано поворотну рамку 2, на якій за допомогою опорних кріплень 3 встановлюється двигун. Поворот рамки здійснюється навколо осі 4 за допомогою редуктора 6, рукоятки 5, поворотної втулки 7 та вихідного вала 8.

Таблиця 3.1 – Основні елементи конструкції стенда-кантувача

№ за рисунок	Назва елемента	Призначення
1	Рама	Сприймає навантаження від двигуна і забезпечує стійкість стенда
2	Поворотна рамка	Утримує двигун і забезпечує його поворот навколо горизонтальної осі
3	Опорні кріплення	Служать для закріплення двигуна на поворотній рамці
4	Вісь рамки	Є основним елементом, відносно якого здійснюється поворот двигуна
5	Рукоятка редуктора	Передає зусилля оператора на механізм повороту
6	Редуктор	Зменшує зусилля при кантуванні та забезпечує плавний поворот двигуна
7	Поворотна втулка	Забезпечує обертання поворотної частини стенда
8	Вихідний вал поворотного редуктора	Передає крутний момент від редуктора до поворотної рамки

З таблиці 3.1 видно, що конструкція стенда є відносно простою, але функціонально завершеною. Кожен елемент виконує конкретну роль: рама забезпечує стійкість, поворотна рамка утримує двигун, а редукторний механізм забезпечує його поворот і фіксацію у потрібному положенні.

### 3.2 Опис функціонального призначення основних вузлів стенда-кантувача

Основним несучим елементом стенда є рама 1, яка виготовлена у вигляді зварної металевої конструкції з профільного прокату. Рама повинна мати достатню жорсткість, щоб не деформуватися під дією ваги двигуна та додаткових зусиль, які виникають під час розбирання або складання агрегату. Її форма має забезпечувати стійкість стенда під час повороту двигуна, особливо коли центр маси агрегату зміщується відносно осі обертання.

Поворотна рамка 2 є робочою частиною стенда, на якій безпосередньо закріплюється двигун і яка повинна витримувати вагу двигуна, а також згинальні та крутні навантаження, які виникають під час кантування. Конструкція поворотної рамки повинна забезпечувати можливість встановлення двигунів різних типів, зокрема рядних і V-подібних двигунів вантажних автомобілів. Опорні кріплення 3 призначені для з'єднання двигуна з поворотною рамкою. Поворотну рамку доцільно виконувати регульованою, щоб можна було змінювати положення точок кріплення залежно від конструкції конкретного двигуна. Це підвищує універсальність стенда та зменшує потребу у виготовленні окремих адаптерів для кожної моделі двигуна.

Вісь рамки 4 є одним із найбільш навантажених елементів конструкції. Через неї передається маса двигуна, а також момент, який виникає під час його повороту. Вісь повинна мати достатній запас міцності, оскільки від її надійності залежить безпечна робота всього стенда. Рукоятка редуктора 5 служить для ручного керування поворотом двигуна. Через рукоятку працівник прикладає зусилля, яке передається на редуктор. Завдяки використанню редуктора зменшується фізичне навантаження на працівника, а сам поворот двигуна стає плавнішим і контрольованим. Редуктор 6 є основним елементом механізму кантування. Він призначений для зменшення зусилля, необхідного для повороту двигуна, та забезпечення фіксації агрегату в заданому положенні. Доцільним є використання самогальмівного черв'ячного редуктора, оскільки він не допускає самовільного повороту двигуна під дією його ваги.

Поворотна втулка 7 забезпечує обертання поворотної рамки відносно нерухомої частини стенда. Вона повинна мати достатню зносостійкість і забезпечувати плавність ходу поворотного вузла. Для зменшення тертя у вузлі можуть застосовуватися підшипники або втулки ковзання.

Вихідний вал поворотного редуктора 8 передає крутний момент від редуктора до поворотної рамки. Він працює на кручення і повинен мати достатній діаметр та міцність, щоб витримувати навантаження від маси двигуна і зусиль, які виникають під час ремонту.

### 3.3 Принцип роботи стенда-кантувача

Перед початком роботи стенд встановлюють на рівну опорну поверхню та перевіряють справність рами, поворотного механізму і кріпильних елементів. Двигун за допомогою кран-балки або іншого вантажопідіймального обладнання підводять до стенда і суміщують його монтажні отвори з опорними кріпленнями 3.

Після встановлення двигун надійно закріплюють болтами на поворотній рамці 2. Далі працівник перевіряє правильність встановлення агрегату, відсутність перекосів і надійність затягування кріплень. Після цього навантаження поступово передається з вантажопідіймального механізму на стенд.

Поворот двигуна здійснюється за допомогою рукоятки 5, яка приводить у дію редуктор 6. Через вихідний вал 8 і поворотну втулку 7 крутний момент передається на поворотну рамку 2. У результаті двигун разом із рамкою повертається навколо осі 4 на необхідний кут. Після досягнення потрібного положення редуктор утримує двигун від самовільного повороту.

Таблиця 3.2 – Функціональне призначення основних вузлів стенда-кантувача

Вузол стенда	Основна функція	Вплив на роботу стенда
Рама	Сприйняття навантаження і забезпечення стійкості	Визначає безпечність і жорсткість конструкції
Поворотна	Закріплення двигуна	Забезпечує можливість роботи з

рамка		різними агрегатами
Опорні кріплення	Фіксація двигуна на рамці	Впливають на універсальність стенда
Вісь рамки	Забезпечення обертання поворотної частини	Визначає надійність поворотного вузла
Редуктор	Передача і зменшення зусилля повороту	Зменшує фізичне навантаження на працівника
Поворотна втулка	Забезпечення плавного обертання	Знижує тертя і зношування вузла
Вихідний вал	Передача крутного моменту	Забезпечує роботу механізму кантування

Конструктивні переваги розроблюваного стенда. Запропонована конструкція стенда-кантувача має низку переваг порівняно з традиційним способом ремонту двигуна на підставках або випадкових опорах. Насамперед стенд забезпечує надійну фіксацію двигуна та можливість його повороту у зручне положення. Це дозволяє виконувати ремонтні операції без додаткового переміщення агрегату краном.

Використання редукторного механізму з ручним приводом дає можливість зменшити фізичні зусилля працівника під час кантування двигуна. При цьому конструкція залишається простішою та дешевшою, ніж стенди з електричним приводом. Самогальмівний характер редуктора підвищує безпеку роботи, оскільки двигун утримується у заданому положенні без додаткової фіксації.

Регульовані опорні кріплення підвищують універсальність стенда. Завдяки цьому його можна використовувати для ремонту двигунів різних типів і габаритів. Це особливо важливо для ремонтних підприємств, які обслуговують різні марки вантажних автомобілів.

Таблиця 3.3 – Переваги конструкції стенда-кантувача

Конструктивне рішення	Отриманий результат
Зварна рама з профільного металопрокату	Забезпечення міцності, жорсткості та простоти виготовлення
Поворотна рамка	Можливість кантування двигуна на необхідний кут
Регульовані опорні кріплення	Підвищення універсальності стенда
Ручний редукторний привід	Зменшення фізичних зусиль без ускладнення конструкції

Самогальмівний редуктор	Запобігання самовільному повороту двигуна
Поворотна втулка	Плавність обертання поворотної частини
Компактна конструкція	Зменшення площі, необхідної для розміщення стенда

Отже, розроблюваний стенд-кантувач є універсальним пристроєм для ремонту двигунів внутрішнього згоряння вантажних автомобілів. Його конструкція включає раму, поворотну рамку, опорні кріплення, вісь, редукторний механізм, поворотну втулку та вихідний вал. Основна функція стенда полягає у надійному закріпленні двигуна, його повороті навколо горизонтальної осі та фіксації у зручному положенні.

Запропонована конструкція дозволяє підвищити зручність виконання ремонтних робіт, зменшити фізичне навантаження на працівника, покращити доступ до вузлів двигуна та забезпечити безпечну роботу з важкими агрегатами. Саме тому дана конструкція є доцільною для використання в агрегатно-моторних відділеннях автотранспортних підприємств і ремонтних майстерень.

### **3.4 Розрахункова схема та визначення сил, що діють на стенд-кантувач**

На рисунку 3.2 подано схему діючих сил для розроблюваного стенда-кантувача. На основі цієї схеми можна виконати попередній конструкторський розрахунок основних навантажень, які діють на поворотну рамку, вісь, опори та механізм кантування. Оскільки рисунок 3.2 є розрахунковою схемою без повного набору числових розмірів, для розрахунку приймаємо характерні конструктивні параметри стенда та розрахункове навантаження від двигуна вантажного автомобіля.

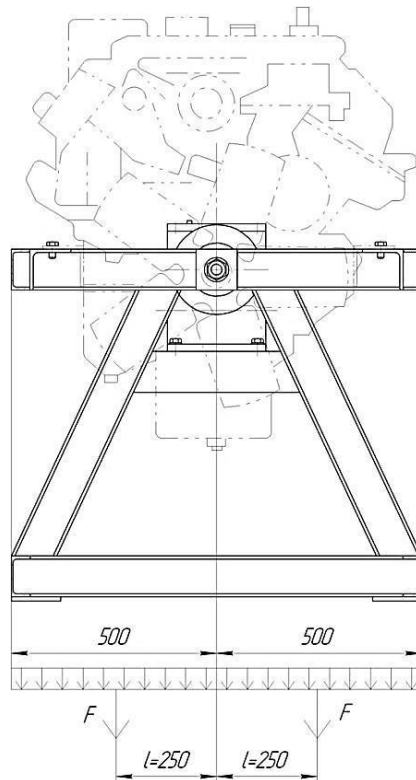


Рисунок 3.2 - Схема діючих сил на стенд-кантувач

Для розрахунків сил, які діють на стенд-кантувач враховуємо наступні параметри:

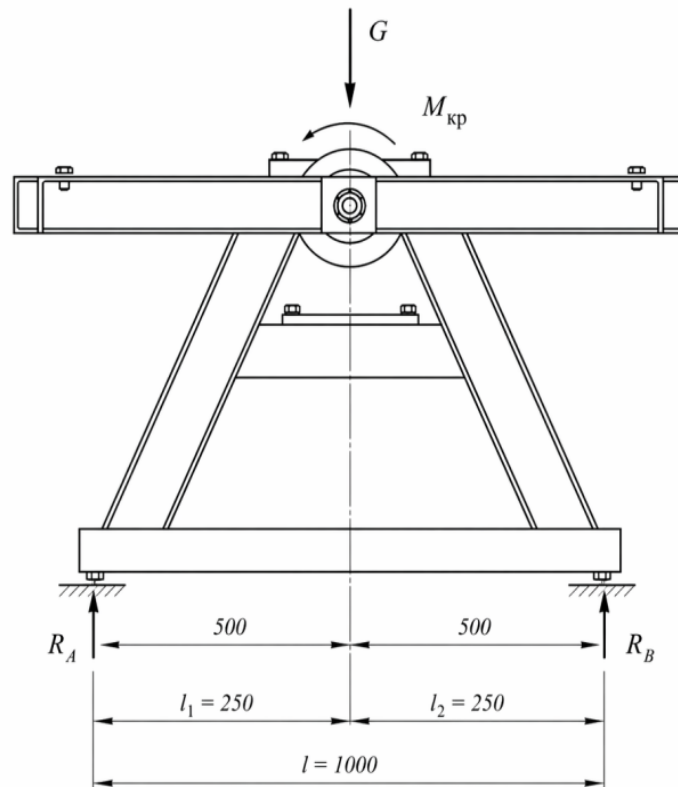
$G$  — вага двигуна, встановленого на поворотній рамці;

$R_A$  і  $R_B$  — реакції опор у місцях встановлення осі;

$M_{кр}$  — крутний момент, необхідний для повороту двигуна;

$P$  — зусилля, яке прикладає працівник до рукоятки редуктора.

Для зручності розрахункову схему подано у вигляді:



Де:  $L$  — відстань між опорами осі;

$e$  — зміщення центра мас двигуна відносно осі повороту.

Вихідні дані для силового розрахунку. Для попереднього конструкторського розрахунку приймаємо такі значення:

розрахункова маса двигуна:  $m = 1500$  кг;

прискорення вільного падіння:  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

відстань між опорами осі:  $L = 0,8$  м;

ексцентриситет центра мас двигуна відносно осі повороту:  $e = 0,10$  м;

довжина рукоятки редуктора:  $l = 0,30$  м;

передаточне число редуктора:  $i = 40$ ;

коефіцієнт корисної дії редуктора:  $= 0,75$ ;

допустиме напруження для матеріалу осі:  $= 140$  МПа.

### 3.4.1 Визначення вагової сили двигуна

Основним навантаженням на стелд є вага двигуна:

$$G = m g$$

$$G = 1500 \cdot 9,81 = 14715 \text{ Н} = 14,7 \text{ кН}$$

Отже, на поворотну частину стенда діє вертикальна сила ваги двигуна 14,7 кН.

### 3.4.2. Визначення реакцій опор осі від дії ваги двигуна

Приймаємо, що двигун встановлений симетрично відносно двох опор осі, а навантаження розподіляється рівномірно. Тоді реакції в опорах будуть однаковими:

$$R_A = R_B = G/2;$$

$$R_A = R_B = 14715/2 = 7357,5 \text{ Н} = 7,36 \text{ кН}$$

Отже, кожна опора поворотної осі сприймає вертикальне навантаження приблизно 7,36 кН. Це значення є важливим для подальшого розрахунку осі, втулки, підшипникового вузла та зварної рами.

### 3.4.3. Визначення згинального моменту на осі

Розглядаємо вісь як балку, яка спирається на дві опори та навантажена силою  $G$  посередині згідно рисунку 3.3.

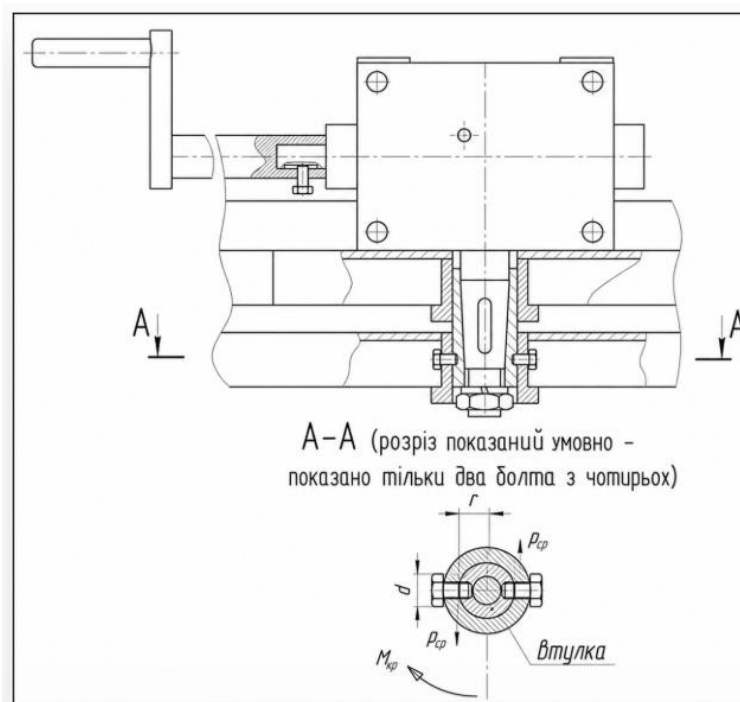


Рисунок 3.3 - Схема діючих сил на вісь поворотної рамки

Максимальний згинальний момент у такому випадку:

$$M_{кр} = G \cdot L / 4$$

$$M_{кр} = 14715 \cdot 0,8 / 4 = 2943 \text{ Н} \cdot \text{м} = 2,94 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Максимальний згинальний момент, що діє на вісь поворотної рамки, становить 2,94 кН·м.

#### **3.4.4. Визначення крутного моменту при кантуванні**

Під час повороту двигуна виникає момент відносно осі, зумовлений тим, що центр мас двигуна не співпадає з віссю повороту. Максимальний крутний момент визначається за формулою:

$$M_{кр} = G \cdot e$$

$$M_{кр} = 14715 \cdot 0,10 = 1471,5 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1,47 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Це означає, що механізм кантування повинен забезпечити подолання крутного моменту не менше 1,47 кН·м.

Слід зазначити, що при більш точному балансуванні двигуна на стенді значення ( $e$ ) зменшується, а разом з ним зменшується і зусилля, необхідне для повороту. Саме тому правильне розташування двигуна відносно осі повороту є важливою умовою ергономічної роботи стенда.

#### **3.4.5. Визначення зусилля на рукоятці редуктора**

Зусилля, яке повинен прикладати працівник до рукоятки, визначається з урахуванням передаточного числа редуктора та його коефіцієнта корисної дії:

$$P = \frac{M_{кр}}{i \cdot \eta \cdot l}$$

Підставляємо значення:

$$P = \frac{1471,5}{40 \cdot 0,75 \cdot 0,30}$$

$$P = \frac{1471,5}{9} = 163,5 \text{ Н}$$

Отже, зусилля на рукоятці становить:

$$P \approx 164 \text{ Н}$$

або приблизно

$$P \approx 16,7 \text{ кгс}$$

Таке значення є допустимим для ручного керування одним працівником, особливо з урахуванням того, що реальний ексцентриситет при правильному встановленні двигуна може бути меншим.

### 3.4.6. Перевірочний розрахунок діаметра осі поворотної рамки

Оскільки вісь працює одночасно на згин і кручення, виконуємо попередній перевірочний розрахунок за еквівалентним моментом:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + 0,75M_{\text{кр}}^2}$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{(2943)^2 + 0,75(1471,5)^2}$$

Переводимо в Н·мм:

$$M_{\text{екв}} = 3,206 \cdot 10^6$$

Мінімальний діаметр суцільної круглої осі визначаємо за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_{\text{екв}}}{\pi[\sigma]}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 3,206 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 140}}$$

$$d \approx 61,6 \text{ мм}$$

Приймаємо конструктивно:

$$d = 65 \text{ мм}$$

Отже, для забезпечення міцності осі поворотної рамки доцільно прийняти її діаметр 65 мм.

### **3.4.7. Оцінка навантаження на раму стенда**

Сумарне вертикальне навантаження на раму стенда дорівнює вазі двигуна:

$$G = 14,7 \text{ кН}$$

Оскільки конструкція стенда симетрична, на кожну сторону рами передається половина навантаження:

$$G \text{ 1 сторони} = 14,7 / 2 = 7,35 \text{ кН}$$

Це означає, що кожна стійка або опорна частина рами повинна бути розрахована щонайменше на навантаження 7,35 кН, не враховуючи коефіцієнт запасу міцності. У реальній конструкції стенда доцільно приймати запас міцності не менше 1,5–2. Тоді розрахункове навантаження на одну сторону рами з урахуванням запасу міцності:

$$G_{\text{розр}} = 7,35 \cdot 1,5 = 11,0 \text{ кН}$$

Таким чином, елементи рами та зварні з'єднання доцільно проектувати на навантаження не менше 11,0 кН на одну сторону.

### **3.4.8. Узагальнення результатів силового розрахунку**

У результаті розрахунку за схемою діючих сил отримано:

вага двигуна:  $G = 14,7 \text{ кН}$ ;

реакція кожної опори:  $R_A = R_B = 7,36 \text{ кН}$ ;

максимальний згинальний момент на осі:  $M_{зг} = 2,94 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;

максимальний крутний момент при кантуванні:  $M_{кр} = 1,47 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;

зусилля на рукоятці редуктора:  $P = 164 \text{ Н}$ ;

рекомендований діаметр осі:  $d = 65 \text{ мм}$ .

Проведений розрахунок за схемою діючих сил показав, що основним навантаженням на стенд-кантувач є вага двигуна, яка для розрахункової маси

1500 кг становить 14,7 кН. Кожна опора поворотного вузла сприймає навантаження близько 7,36 кН, а на вісь діє згинальний момент 2,94 кН·м і крутний момент 1,47 кН·м.

Розрахунок також показав, що при використанні редуктора з передаточним числом 40 і рукоятки довжиною 0,30 м зусилля працівника на рукоятці становить близько 164 Н, що є допустимим для ручного кантування двигуна. Перевірочний розрахунок осі показав доцільність прийняття її діаметра 65 мм.

Отримані результати можуть бути використані як основа для подальших конструктивних розрахунків окремих елементів стенда, зокрема осі, поворотної втулки, рами та кріпильних вузлів.

### **3.5 Вибір матеріалів для основних деталей стенда-кантувача**

Вибір матеріалів для основних деталей стенда-кантувача виконано з урахуванням умов його роботи, характеру навантаження, технологічності виготовлення та економічної доцільності. Оскільки стенд призначений для ремонту двигунів вантажних автомобілів, його елементи повинні мати достатню міцність, жорсткість, зносостійкість і забезпечувати безпечну роботу під час кантування агрегату.

Основними навантаженими елементами стенда є рама, поворотна рамка, вісь повороту, втулка, опорні кріплення та болтові з'єднання. Рама і поворотна рамка сприймають вагу двигуна та забезпечують стійкість конструкції. Вісь і втулка працюють у поворотному вузлі, тому для них важливими є міцність і зносостійкість. Опорні кріплення та болти сприймають локальні навантаження від маси двигуна і повинні забезпечувати надійне закріплення агрегату.

На рисунку 3.4 показано основні деталі розроблюваного стенда-кантувача: раму, поворотну рамку, вісь повороту, поворотну втулку, опорне кріплення та рукоятку редуктора. Для кожного елемента прийнято матеріал відповідно до його функціонального призначення та умов роботи.

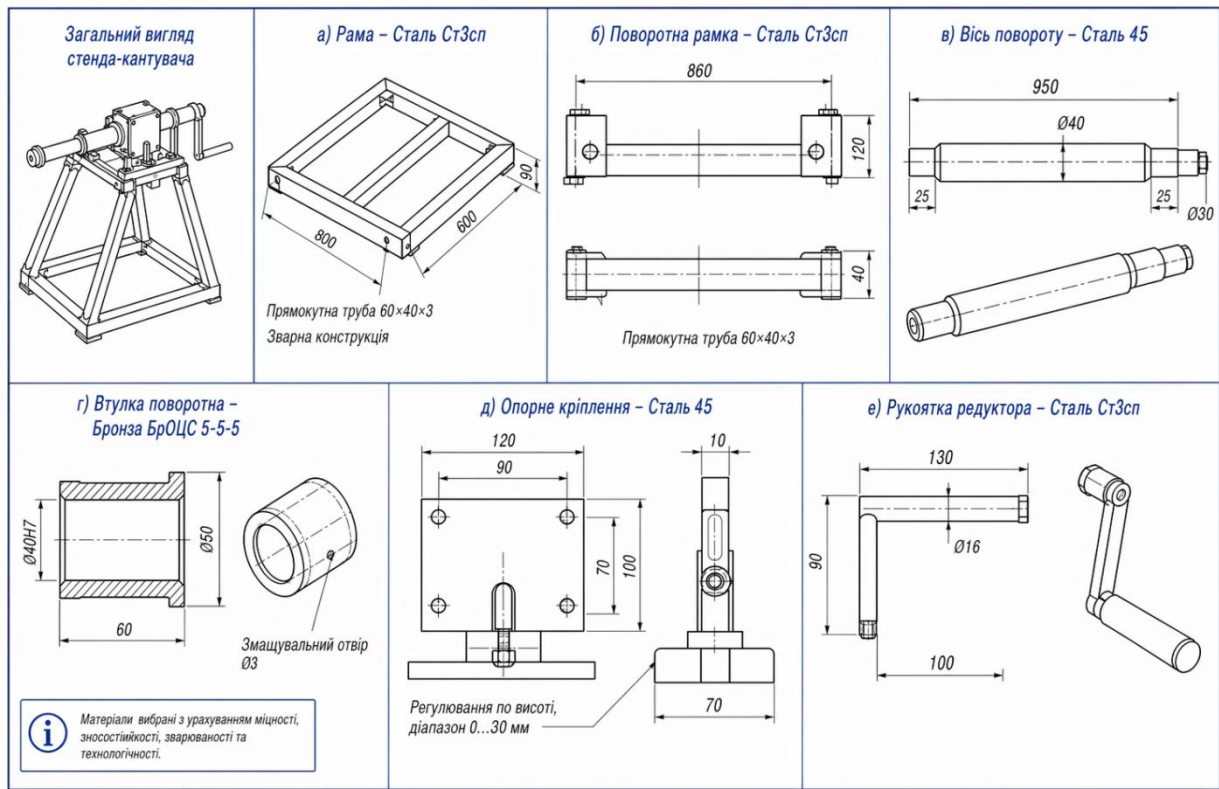


Рисунок 3.4 – Основні деталі стенда-кантувача

Таблиця 3.4 – Вибір матеріалів для основних деталей стенда-кантувача

Деталь	Матеріал	Обґрунтування вибору матеріалу
Рама	Сталь Ст3сп	Добра зварюваність, достатня міцність і жорсткість. Матеріал доступний, недорогий і добре підходить для виготовлення зварних рамних конструкцій.
Поворотна рамка	Сталь Ст3сп	Забезпечує достатню жорсткість при виготовленні з профільного прокату. Добре зварюється і дозволяє отримати просту та надійну конструкцію.
Вісь повороту	Сталь 45	Висока міцність порівняно зі звичайною конструкційною сталлю. Доцільна для деталей, що працюють на згин, кручення та сприймають значні навантаження.
Втулка поворотна	Бронза БрОЦС 5-5-5	Задовільні антифрикційні властивості, зменшує зношення вузла та забезпечує плавність повороту рамки.
Опорні кріплення	Сталь 45	Сприймають місцеві навантаження від двигуна та болтових з'єднань, тому повинні мати підвищену міцність і стійкість до деформацій.
Рукоятка редуктора	Сталь Ст3сп	Проста у виготовленні, добре зварюється і має достатню міцність для передавання ручного зусилля на редуктор.
Кріпильні	Сталь, клас	Забезпечують надійне з'єднання елементів стенда

болти	міцності 8.8	при дії статичних і змінних навантажень.
Корпус редуктора	Чавун СЧ20	Необхідна жорсткість, добре гасить вібрації та широко застосовується для корпусних деталей редукторів.

З таблиці 3.4 видно, що для більшості зварних елементів стенда доцільно застосовувати сталь СтЗсп. Такий матеріал добре підходить для рамних конструкцій, оскільки має достатню міцність, легко обробляється, добре зварюється та має невисоку вартість. Це важливо для забезпечення технологічності виготовлення стенда в умовах ремонтної майстерні або невеликого виробництва.

Для більш навантажених деталей, зокрема осі повороту та опорних кріплень, прийнято сталь 45. Цей матеріал має підвищені механічні властивості та краще підходить для деталей, які працюють на згин, кручення і сприймають концентровані навантаження. Використання сталі 45 дозволяє підвищити надійність поворотного вузла та зменшити ризик деформації деталей під час роботи стенда.

Поворотну втулку доцільно виготовляти з бронзи БрОЦС 5-5-5. Такий матеріал має добрі антифрикційні властивості, що дозволяє зменшити тертя між віссю і втулкою. Крім того, бронзова втулка знижує інтенсивність зношення поворотного вузла та забезпечує плавність кантування двигуна.

Кріпильні болти приймаються класу міцності 8.8, оскільки вони повинні надійно утримувати елементи стенда та двигун під час дії статичних і змінних навантажень. Використання болтів нижчого класу міцності є небажаним, оскільки це може знизити надійність з'єднань і безпеку експлуатації стенда.

Таблиця 3.5 – Характер роботи основних деталей стенда-кантувача

Деталь	Характер навантаження	Основна вимога до матеріалу
Рама	Стиск, згин, сприйняття ваги двигуна	Жорсткість, зварюваність, міцність
Поворотна рамка	Згин, кручення, локальні навантаження від кріплень	Жорсткість і технологічність виготовлення
Вісь повороту	Згин і кручення	Підвищена міцність і

		зносостійкість
Втулка поворотна	Тертя, контактне навантаження	Антифрикційні властивості
Опорні кріплення	Локальний тиск, зріз, згин	Міцність і стійкість до деформації
Болтові з'єднання	Розтяг, зріз, змінне навантаження	Висока міцність і надійність
Рукоятка редуктора	Згин від ручного зусилля	Достатня міцність і простота виготовлення

З таблиці 3.5 видно, що матеріали підібрані відповідно до характеру роботи кожної деталі. Для зварних елементів важливими є зварюваність і жорсткість, для осі — міцність при згині та крученні, для втулки — зносостійкість і низький коефіцієнт тертя, а для болтових з'єднань — здатність витримувати значні навантаження без руйнування.

Таблиця 3.6 – Технологічні переваги прийнятих матеріалів

Матеріал	Деталі, для яких застосовується	Технологічні переваги
Сталь СтЗсп	Рама, поворотна рамка, рукоятка	Добре зварюється, легко ріжеться та обробляється, невисока вартість
Сталь 45	Вісь повороту, опорні кріплення	Має підвищену міцність, добре підходить для деталей, що працюють під навантаженням
Бронза БрОЦС 5-5-5	Поворотна втулка	Забезпечує зменшення тертя та зношення у поворотному вузлі
Сталь класу міцності 8.8	Кріпильні болти	Забезпечує надійність відповідальних болтових з'єднань
Чавун СЧ20	Корпус редуктора	Достатня жорсткість, технологічність лиття та здатність гасити вібрації

Прийняті матеріали є поширеними у машинобудуванні, доступними для придбання та не потребують складних технологічних процесів виготовлення. Це дозволяє зменшити собівартість виготовлення станда і забезпечити можливість його виготовлення в умовах ремонтного підприємства.

Отже, для основних деталей станда-кантувача прийнято матеріали, які забезпечують достатню міцність, жорсткість, надійність і довговічність конструкції. Раму та поворотну рамку доцільно виготовляти зі сталі СтЗсп,

оскільки вона добре зварюється та має достатні механічні властивості для рамних конструкцій. Для осі повороту та опорних кріплень прийнято сталь 45, яка забезпечує підвищену міцність при роботі на згин і кручення. Для поворотної втулки обрано бронзу БрОЦС 5-5-5, що дозволяє зменшити тертя та зношення вузла.

Таким чином, вибір матеріалів є технічно обґрунтованим і відповідає умовам роботи стенда-кантувача для ремонту двигунів вантажних автомобілів. Вибрані матеріали забезпечують безпечну експлуатацію, простоту виготовлення та доступну вартість розроблюваної конструкції стенда-кантувача.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту двигунів вантажних автомобілів**

Ремонт двигунів вантажних автомобілів належить до робіт підвищеної небезпеки, оскільки пов'язаний із переміщенням великогабаритних та важких агрегатів, використанням вантажопідіймальних механізмів, електрифікованого інструменту та обладнання. Під час виконання ремонтних робіт в агрегатно-моторному відділенні на працівника діє ряд небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть призвести до травмування або погіршення стану здоров'я.

Основну небезпеку становлять значні масогабаритні характеристики двигунів вантажних автомобілів. Маса окремих двигунів може перевищувати 1000 кг, тому їх демонтаж, транспортування та встановлення на стенд виконуються за допомогою кран-балок, талей або інших вантажопідіймальних механізмів. У разі порушення правил стропування, несправності вантажозахоплювальних пристроїв або неправильного закріплення агрегату виникає небезпека його падіння, що може спричинити важкі травми працівників.

Під час встановлення двигуна на стенд-кантувач додаткову небезпеку створює можливість зміщення центра мас агрегату. Неправильне закріплення двигуна або недостатня міцність елементів кріплення можуть призвести до перекосу чи перекидання агрегату під час його повороту. Особливо небезпечними є моменти зміни положення двигуна навколо горизонтальної осі, коли виникають додаткові інерційні навантаження.

До небезпечних виробничих факторів належать також рухомі частини механізмів. Під час роботи з редукторним механізмом стенда існує ризик защемлення рук працівника між рухомими елементами. Небезпечними є також різьбові з'єднання, важелі фіксації та механізми блокування поворотної рамки.

У процесі розбирання двигуна працівник використовує гайкові ключі,

знімачі, електроінструмент та пневматичне обладнання. При цьому можливе відлітання металевих частинок, уламків прокладок або залишків корозії, що створює небезпеку травмування очей та відкритих ділянок тіла.

Значну увагу необхідно приділяти впливу мастильних матеріалів, мийних рідин та технічних рідин. Контакт шкіри з нафтопродуктами може викликати подразнення та професійні захворювання. Під час очищення деталей двигуна можливе утворення парів мийних засобів, які негативно впливають на органи дихання.

Окремим шкідливим фактором є підвищений рівень шуму. При використанні пневматичного інструменту рівень шуму може досягати 80–90 дБ, що перевищує комфортні умови праці та спричиняє швидку втому працівника.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі фактори

Небезпечний фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки
Падіння двигуна	Порушення стропування	Тяжкі травми
Перекидання агрегату	Неправильне кріплення на стенді	Травмування персоналу
Защемлення рук	Поворотний механізм стенда	Механічні пошкодження
Відлітання частинок	Розбирання двигуна	Травми очей
Шум	Пневмоінструмент	Втома, зниження слуху
Контакт з мастилами	Ремонтні роботи	Подразнення шкіри

Отже, процес ремонту двигунів вантажних автомобілів супроводжується дією комплексу небезпечних і шкідливих факторів, що потребує застосування відповідних заходів охорони праці.

#### 4.2 Ергономічне обґрунтування використання стенда-кантувача

Однією з основних переваг використання розробленого стенда-кантувача є покращення ергономічних умов праці ремонтного персоналу. Під час ремонту двигуна без спеціального обладнання працівник змушений виконувати значну кількість операцій у незручних положеннях тіла, часто нахилитися, працювати

навколiшки або використовувати додатковi пiдставки для доступу до окремих вузлiв агрегату.

Використання стенда-кантувача дозволяє встановлювати двигун у найбiльш зручному положеннi для виконання конкретної операцiї. Завдяки можливостi повороту агрегату на 360° забезпечується вiльний доступ до верхньої, нижньої та бокових поверхонь двигуна без необхідностi його повторного перемiщення.

Особливо важливим є зменшення фiзичного навантаження на працювника. При виконаннi ремонтних операцiй без стенда значна частина часу витрачається на змiну положення агрегату та пiдготовку робочого мiсця. Використання стенда дозволяє виконувати бiльшiсть операцiй без додаткового перемiщення двигуна.

Згiдно з виконаними у технологiчному роздiлi розрахунками, трудомiсткiсть розбирально-складальних робiт зменшується з 12,0 до 9,4 люд.-год. Визначимо вiдносне зниження трудомiсткостi:

$$K = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100$$

де:

$$T_1 = 12,0 \text{ люд.-год};$$

$$T_2 = 9,4 \text{ люд.-год}.$$

Пiсля пiдстановки значень отримуємо:

$$K = \frac{12 - 9,4}{12} \cdot 100 = 21,7\%$$

Отже, застосування стенда-кантувача дозволяє знизити трудомiсткiсть ремонтних робiт на 21,7 %, що свiдчить про суттєве покращення умов працi та зменшення фiзичного навантаження на персонал.

Важливою перевагою є також зниження ризику травмування. Завдяки надiйному закрiпленню двигуна на стендi виключається необхіднiсть використання випадкових опор та допомiжних пристроїв для утримання агрегату у необхідному положеннi.

Таким чином, застосування стенда-кантувача не лише підвищує продуктивність ремонтних робіт, але й забезпечує покращення ергономічних умов праці та підвищення рівня виробничої безпеки.

### **4.3 Забезпечення безпечної експлуатації розробленого стенда-кантувача**

Безпечна експлуатація стенда-кантувача забезпечується комплексом конструктивних та організаційних заходів.

Основною вимогою є забезпечення достатньої міцності рами стенда. Конструкція повинна сприймати статичні та динамічні навантаження, що виникають під час встановлення та повороту двигуна. Всі зварні з'єднання повинні виконуватись відповідно до вимог чинних стандартів та проходити контроль якості.

Особлива увага приділяється системі кріплення двигуна. Кріпильні елементи повинні забезпечувати надійну фіксацію агрегату незалежно від його положення. Забороняється експлуатація стенда при виявленні тріщин, деформацій або послаблення різьбових з'єднань.

Для виключення самовільного обертання двигуна використовується самогальмівний черв'ячний редуктор. Така конструкція забезпечує плавний поворот агрегату та його надійну фіксацію в будь-якому положенні. Перед початком роботи необхідно перевіряти справність механізму фіксації та відсутність люфтів у поворотному вузлі.

Під час монтажу двигуна на стенд необхідно використовувати справні вантажопідіймальні механізми. Стропування повинно виконуватись відповідно до схеми, передбаченої заводом-виробником двигуна. Після встановлення агрегату необхідно перевірити надійність усіх кріплень та лише після цього дозволяється виконувати ремонтні роботи.

Для запобігання самовільному переміщенню стенда його колеса обладнуються фіксаторами. Перед початком роботи всі гальмівні пристрої повинні бути приведені в робочий стан.

На робочому місці повинні використовуватись такі засоби індивідуального захисту:

- бавовняний спецодяг;
- захисне взуття;
- захисні окуляри;
- рукавиці;
- засоби захисту слуху при роботі з пневмоінструментом.

З метою забезпечення пожежної безпеки ремонтна дільниця повинна бути обладнана порошковими вогнегасниками типу ВП-5. Забороняється зберігання легкозаймистих рідин поблизу місця виконання ремонтних робіт.

Технічне обслуговування станда повинно виконуватись відповідно до встановленого графіка. Необхідно регулярно перевіряти стан зварних швів, підшипникових вузлів, редуктора, фіксаторів та колісних опор.

Отже, запропонована конструкція станда-кантувача за умови дотримання вимог охорони праці забезпечує безпечне виконання ремонтних робіт, підвищує продуктивність праці та знижує ризик виробничого травматизму.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз існуючих конструкцій стендів-кантувачів для ремонту автомобільних двигунів та встановлено, що наявні моделі забезпечують виконання основних розбирально-складальних операцій, однак мають певні недоліки: значну масу і габарити, високу вартість, недостатню універсальність кріплення та підвищене фізичне навантаження на працівника під час роботи з важкими агрегатами.

Обґрунтовано необхідність розробки удосконаленої конструкції стенда-кантувача для двигунів внутрішнього згоряння вантажних автомобілів. Запропонована конструкція повинна забезпечувати надійне закріплення двигуна, його поворот на 360°, фіксацію у зручному положенні, достатню стійкість, простоту виготовлення та безпечність експлуатації.

У технологічному розділі розглянуто процес ремонту двигуна вантажного автомобіля із застосуванням стенда-кантувача. Встановлено, що стенд найбільш ефективно використовується під час встановлення, розбирання, складання та контролю двигуна, особливо при виконанні операцій, пов'язаних із доступом до нижньої та бокових частин агрегату.

Розрахунок трудомісткості показав, що застосування стенда-кантувача дозволяє зменшити трудомісткість розбирання двигуна з 12,0 до 9,4 люд.-год, тобто приблизно на 21,7%. Це підтверджує технологічну доцільність використання запропонованого обладнання в агрегатно-моторному відділенні.

У конструкторському розділі розроблено загальну будову стенда-кантувача, яка включає раму, поворотну рамку, опорні кріплення, вісь, редукторний механізм, поворотну втулку та вихідний вал. Виконано вибір матеріалів для основних деталей стенда з урахуванням міцності, жорсткості, зносостійкості, зварюваності та технологічності виготовлення.

Отже, розроблений стенд-кантувач є доцільним для використання під час ремонту двигунів вантажних автомобілів. Його застосування дозволяє підвищити ефективність ремонтних робіт, покращити ергономіку робочого місця, зменшити фізичні зусилля працівника та підвищити безпеку виконання розбирально-складальних операцій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі : О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, А.Б. Гупка, Р.В.Хорошун. – Тернопіль : ФОП «Паляниця В.А.», 2022. – 61 с .

2. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

3. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

4 Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с

5. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCP T 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.

7. O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hrynkiv, A.Gupka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

8. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для

студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.

9. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с

10. Коробочка О. М., Скорняков Е. С., Сасов О. О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2007. 196 с.