

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Бакалавр

Рівень вищої освіти

Розробка стенду для збирання-розбирання КПП в умовах ТОВ

"Агромоторсервіс"

Тема роботи

Галузь знань – 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

Шифр _____

Виконав студент 4 курсу, група АІ-21-1



Пастухов О.І.

Підпис

Прізвище

Керівник від кафедри

Нормоконтролер

Курской В.С., доц., к.т.н.

Лук'янюк М. В., доц., к.т.н.

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь



Підпис

Підпис

До захисту допускаю: зав. кафедрою



Мартинюк А.В.

Підпис

Прізвище

Хмельницький 2025

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

Рівень вищої освіти – *бакалавр*

Галузь знань – *20 «Аграрні науки та продовольство»*

Спеціальність – *208 «Агроінженерія»*

Освітня програма – *«Агроінженерія»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

_____._____.2025

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Пастухов Олексій

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи *Розробка стенду для збирання-розбирання КПП в умовах ТОВ
"Агромоторсервіс"*

Керівник проєкту Курской Володимир Сергійович, доц., к.т.н.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 2025 р. № _____

2 Термін подання студентом проєкту (роботи) на кафедру _____

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапу (розділу) дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапу проєкту (роботи)	Примітка
1		
2		
3		
...		

Студент _____

Пастухов О.І.

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник проєкту (роботи) _____

Підпис Ініціали, прізвище

Анотація

У дипломному проєкті було розроблено конструкцію спеціалізованого стенду для збирання та розбирання механічної коробки передач, адаптованого до виробничих умов ТОВ «Агромоторсервіс». Проєкт охоплює як теоретичне обґрунтування, так і практичну реалізацію елементів, що забезпечують ефективне та безпечне проведення ремонтних робіт.

У технологічному розділі виконано аналіз загальної технології обслуговування, діагностики та ремонту КПП. Розглянуто типові несправності трансмісій та умови їх виявлення. Особливу увагу приділено ролі стендів як інструменту для підвищення точності та зниження трудомісткості діагностичних і монтажно-демонтажних операцій.

У конструкційному розділі спроектовано модель стенду з урахуванням умов безпеки, ергономіки та функціональності.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	6
КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	13
ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	53
ВИСНОВКИ.....	57
ДОДАТКИ.....	58

					<i>ДП АІ 25.13.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розробка стенду для збирання-розбирання КПП в умовах ТОВ "Агромоторсервіс"	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцшів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Пастухов О.І.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кирської В.С.</i>					4	1
<i>Реценз.</i>						ХНУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лцк'янюк М.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Мартинюк А.В.</i>						

Вступ

У сучасних умовах експлуатації сільськогосподарської техніки особливого значення набуває забезпечення її надійної та безперебійної роботи. Одним із найважливіших елементів трансмісії тракторів та іншої техніки є механічна коробка перемикачів передач (КПП), від технічного стану якої залежить ефективність передавання крутного моменту, продуктивність машини та зниження експлуатаційних витрат.

ТОВ «Агромоторсервіс» спеціалізується на обслуговуванні та ремонті сільськогосподарської техніки, у тому числі агрегатів трансмісії. На практиці виникає потреба в підвищенні якості та зручності збирання-розбирання КПП, а також у покращенні умов праці слюсарів-ремонтників. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є розробка та впровадження спеціалізованого станду, який дозволить здійснювати ці операції безпечно, зручно та з дотриманням технологічних вимог.

Метою даного дипломного проєкту є розробка конструкції станду для збирання та розбирання механічної коробки перемикачів передач, адаптованого до умов роботи підприємства ТОВ «Агромоторсервіс». У межах роботи буде виконано аналіз загальної технології обслуговування, діагностики та ремонту КПП, розроблено технологію проведення ремонту із застосуванням спеціалізованих стандів, а також здійснено розрахунок основних конструктивних параметрів розроблюваного станду.

Конструкторський розділ міститиме 3D-модель станду, створену в середовищі SolidWorks, із перевіркою міцності та надійності ключових елементів. Також у проєкті передбачено розгляд заходів з охорони праці під час експлуатації станду та впливу на довкілля, що є невід'ємною складовою сучасного машинобудування та технічного обслуговування.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Опис об'єкту дослідження

ТОВ «Агромоторсервіс» — це спеціалізоване підприємство, що здійснює технічне обслуговування, діагностику, ремонт та сервісне супроводження сільськогосподарської техніки. Компанія працює на ринку понад 10 років та обслуговує як техніку вітчизняного виробництва, так і імпортні машини провідних брендів — John Deere, Case IH, New Holland, МТЗ, ХТЗ та інші.

Головний напрямок діяльності підприємства:

- Поточне та капітальне обслуговування техніки;
- Ремонт основних агрегатів, зокрема: двигунів, коробок передач, гідравлічних систем, редукторів тощо;
- Постачання запасних частин та витратних матеріалів;
- Виїзне сервісне обслуговування та підтримка в сезон польових робіт;
- Модернізація та адаптація техніки до потреб клієнта.

Підприємство має власну виробничу базу, до складу якої входять:

- ремонтна майстерня площею понад 400 м²;
- механоскладальні дільниці;
- зони діагностики та обкатки агрегатів;
- склад запасних частин;
- технічна документація та база даних по ремонтах.

У штаті працюють кваліфіковані інженери, слюсарі-ремонтники, електрики та спеціалісти з діагностики, що дозволяє проводити комплексне обслуговування техніки з дотриманням технологічних нормативів.

Аналіз загальної технології обслуговування та діагностики КПП

Механічна коробка перемикачів передач (КПП) є важливим агрегатом трансмісії сільськогосподарської техніки, основне призначення якої — зміна

										Арк.
										6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ

передавального числа між двигуном і ведучими колесами, що забезпечує оптимальний режим роботи техніки залежно від умов експлуатації.

Типова механічна коробка передач складається з:

- Первинного вала, який з'єднаний зі зчепленням та двигуном;
- Проміжного (заднього) вала, на якому закріплені ведені зубчасті колеса;
- Вторинного вала з шестернями, що обертаються вільно або зчіплюються за допомогою муфт (синхронізаторів);
- Механізму перемикавання передач, що включає важіль, тяглі елементи та вилки;
- Картеру КПП, який утворює герметичний корпус та слугує резервуаром для мастила.

Передачі перемикаються за рахунок зсуву муфт синхронізаторів, які блокують відповідні шестерні на вторинному валу, забезпечуючи обертання вала з необхідним передавальним числом. У сучасних КПП застосовуються синхронізовані механізми, які забезпечують м'яке й безударне включення передач без необхідності "перегазовки". Для отримання заднього ходу між ведучою і веденою шестернями вводиться проміжна, що змінює напрямок обертання веденої шестерні. Роз'єднання двох шестерень, що беруть участь у передачі, веде до вимикання передач та від'єднання двигуна від трансмісії.

Основні етапи обслуговування КПП

Коробка перемикавання передач (КПП) є одним із ключових агрегатів трансмісійної системи техніки, що безпосередньо впливає на її працездатність, паливну ефективність і довговічність. Відповідно, якість її технічного обслуговування є визначальним фактором безвідмовної роботи всієї машини. Технічне обслуговування КПП передбачає проведення комплексу регламентованих операцій, спрямованих на збереження працездатності та виявлення початкових ознак зносу або дефектів. Основною передумовою ефективного обслуговування є своєчасність і систематичність

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

його проведення, відповідно до встановлених інтервалів або на основі фактичного технічного стану агрегату.

На першому етапі здійснюється контроль зовнішнього стану КПП. Це передбачає перевірку герметичності корпусу, наявності або відсутності витоків трансмісійного масла, цілісності кріплень і стану з'єднувальних елементів. Особлива увага приділяється сальникам, ущільненням і зварним швам, які можуть бути джерелами несанкціонованого витоку мастильних матеріалів.

Наступним етапом є перевірка рівня й стану трансмісійного масла. Застосування непридатного або забрудненого масла значно прискорює зношування зубчастих передач і підшипників. Колір, запах і наявність домішок у мастилі дозволяють побічно оцінити внутрішній технічний стан агрегату. У разі виявлення домішок (металевої стружки, продуктів термічного розкладу тощо) мастило підлягає заміні, а КПП — розширеній діагностиці.

Одночасно проводиться оцінка роботи механізму перемикавання передач. Зусилля на важелі, чіткість фіксації положень, відсутність заїдань або люфтів можуть свідчити про справний або порушений стан елементів керування, синхронізаторів, вилок перемикавання та інших внутрішніх компонентів. Особливо важливим є аналіз поведінки механізму в динаміці — під навантаженням, під час зміни передач, запуску або зупинки трансмісії.

За результатами попередніх етапів, при виявленні ознак несправностей або у межах планового обслуговування, може виконуватися часткове або повне розбирання агрегату з метою візуальної та інструментальної дефектації. У процесі розбирання контролюються знос поверхонь зубчастих коліс, радіальні та осьові люфти валів, стан синхронізаторів, втулок, підшипників і посадочних місць.

Завершальним етапом є очищення всіх компонентів, заміна зношених елементів, регулювання механізму перемикавання та складання агрегату з подальшою перевіркою його працездатності на холостому ході або

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціалізованому стенді. У ряді випадків здійснюється також повторне тестування після монтажу КПП на техніку.

Ефективне технічне обслуговування КПП базується на комплексному підході, що охоплює контроль як зовнішніх ознак несправностей, так і внутрішнього технічного стану агрегату. Висока якість виконання обслуговувальних операцій безпосередньо впливає на термін служби трансмісії, безпеку експлуатації машини та загальну ефективність її використання.

Типові несправності КПП та причини їх виникнення

Функціонування механічної коробки перемикачів передач (КПП) відбувається в умовах значних динамічних і термічних навантажень, що обумовлює поступове зношування її елементів та виникнення експлуатаційних дефектів. Типові несправності КПП є наслідком як природного ресурсу компонентів, так і впливу зовнішніх факторів, включно з порушенням умов експлуатації, недостатнім або несвоєчасним обслуговуванням та конструктивними недоліками окремих моделей.

Одним із найбільш поширених симптомів є підвищений шум під час роботи КПП, особливо на певних передачах або під навантаженням. Причиною цього явища зазвичай є зношування підшипників, пошкодження робочих поверхонь зубчастих коліс або порушення центрування валів. В окремих випадках шум може бути наслідком недостатньої або деградованої мастильної речовини, що призводить до сухого тертя між деталями.

Іншим характерним проявом є складність або неточність перемикачів передач, що може супроводжуватися підвищеним зусиллям на важелі, відчуттям заїдання або неможливістю увімкнення певної передачі. Така несправність, як правило, зумовлена зношуванням або деформацією механізму перемикачів, порушенням положення вилок або ослабленням фіксаторів. Зношення синхронізаторів або муфт зчеплення шестерень також

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призводить до недостатнього узгодження швидкостей обертання, що унеможливорює плавне включення передач.

Поширеною проблемою є самовільне вимикання передач під час руху. Це свідчить про втрату фіксації шестерні у відповідному положенні та зазвичай пов'язане із зношуванням фіксуєчих елементів (шариків, пружин), а також із пошкодженням зубців шліцьових з'єднань. За умови тривалої експлуатації в такому стані відбувається прискорене руйнування контактуючих елементів і вторинних вузлів КПП.

Окрему категорію становлять протікання трансмісійного масла, які можуть бути спричинені зносом ущільнювальних елементів — сальників, прокладок, кільцевих ущільнень, а також мікротріщинами або деформацією корпусу. Втрата герметичності КПП не лише знижує рівень змащування, а й призводить до забруднення навколишнього середовища, що має екологічні та технічні наслідки.

Крім того, важливою ознакою несправності є підвищені вібрації та биття вторинного вала при навантаженні. Такі ефекти зазвичай виникають унаслідок розбалансування обертових елементів, викривлення валів, дефектів підшипникових посадок або порушення співвісності складальних одиниць.

Усі зазначені дефекти мають тенденцію до взаємного ускладнення. Первинне пошкодження одного елемента (наприклад, підшипника) призводить до зміщення геометрії зачеплень або виникнення додаткових навантажень, що провокує ланцюгову деградацію інших вузлів. Саме тому рання діагностика несправностей та своєчасне втручання дозволяють уникнути капітального ремонту або повної заміни агрегату.

Роль стендів у процесі діагностики та ремонту

Використання стендів у процесі ремонту КПП дає змогу суттєво підвищити технологічну дисципліну на підприємстві, зменшити вплив людського фактора та забезпечити повторюваність операцій незалежно від кваліфікації виконавця. Стенд, як правило, є багатофункціональним

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

пристроєм, що дозволяє фіксувати агрегат у необхідному положенні, обертати його під час розбирання, проводити перевірку механізмів перемикання передач, оцінювати герметичність, а в окремих випадках — навіть імітувати роботу вузла під навантаженням.

Найважливішим завданням стенду є організація ергономічного і безпечного доступу до вузлів КПП. У разі відсутності належного обладнання персонал змушений виконувати операції в нестандартних положеннях, застосовувати додаткові зусилля або пристосування, що підвищує ризики травмування та ймовірність механічного пошкодження деталей. У свою чергу, стенд дозволяє точно позиціонувати коробку передач, забезпечуючи стабільність і доступність усіх критичних зон під час розбирання, дефектації або складання.

У процесі діагностики стенди забезпечують умови для проведення ручного або моторизованого прокручування валів, що необхідне для контролю рівномірності обертання, перевірки зачеплень зубчастих коліс, функціонування синхронізаторів і механізму перемикання передач у динаміці. Така перевірка є особливо ефективною у випадках, коли дефекти проявляються лише під час роботи агрегату, а не при статичному огляді.

Окремо варто зазначити роль стендів у процесах навчання персоналу та забезпеченні стандартизованого підходу до ремонту. Наявність універсального або спеціалізованого стенду дозволяє організувати відпрацювання технологічних операцій без ризику пошкодження техніки та з фокусом на дотримання послідовності процесу.

Інженерно-конструкторська розробка таких стендів повинна враховувати:

- тип і масу агрегатів, що обслуговуються;
- конфігурацію кріплень і опор;
- необхідність обертання чи нахилу вузла;
- вимоги щодо зручності обслуговування та безпеки.

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ

На практиці використання стендів значно знижує тривалість простою техніки, скорочує витрати на обслуговування та підвищує ресурс відновлених агрегатів. У результаті підприємство отримує не лише економічну, а й організаційну вигоду.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Стенди, що застосовуються для діагностики, обслуговування та ремонту коробок перемикачів передач (КПП), становлять окремий клас технологічного обладнання, який адаптований до особливостей трансмісійних агрегатів. Залежно від функціонального призначення, конструкції та способу застосування, їх можна класифікувати за кількома основними ознаками.

Монтажно-демонтажні стенди призначені для фіксації КПП у зручному положенні під час розбирання, складання або заміни окремих вузлів. Забезпечують можливість повороту корпусу навколо горизонтальної або вертикальної осі, що значно полегшує доступ до внутрішніх елементів. Прикладом таких стендів є універсальні стенди типу СКПП-1 дозволяють обслуговувати коробки передач тракторів, вантажних автомобілів та іншої техніки. Оснащуються ручним приводом обертання та змінними адаптерами.

Діагностичні стенди призначені для перевірки технічного стану КПП без її повного розбирання. Вони можуть імітувати роботу трансмісії в реальних умовах — прокручувати вали, перемикачі передач, контролювати шуми, вібрації та герметичність. Прикладом є стенди з електроприводом і панеллю управління для оцінки роботи синхронізаторів, перевірки зачеплення передач і виявлення люфтів.

Універсальні комбіновані стенди поєднують функції монтажно-демонтажного обладнання та обмеженої діагностики (ручне прокручування валів, перевірка механізму перемикачів). Найчастіше застосовуються у невеликих ремонтних майстернях.

За ступенем автоматизації бувають ручні стенди (Керування та всі операції виконуються вручну). Характеризуються простотою конструкції, невисокою вартістю та надійністю. Оптимальні для невеликих підприємств із низькою інтенсивністю обслуговування. Але мають обмежені можливості контролю точних параметрів роботи агрегату, є потреба у значних фізичних

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

зусиллях.) та механізовані стенди з електроприводом (оснащуються електроприводами, гідроприводами або пневмосистемами. Дозволяють виконувати навантажувальні випробування, кероване прокручування валів, моделювання умов експлуатації, проте складні в обслуговуванні та мають високу вартість).

Існують також як стаціонарні стенди, змонтовані у фіксованому положенні в цеху, вони відрізняються високою жорсткістю, можливістю підключення до зовнішніх мереж живлення та контрольних систем, а також пересувні стенди, оснащуються колісною базою або модулем транспортування. Вони призначені для використання в мобільних ремонтних бригадах, сервісних автомобілях або польових умовах.

За спеціалізацією стенди поділяють на спеціалізовані та універсальні.

Патентний пошук

А.с 194 898 Стенд для випробування коробок передач

Корисна модель відноситься до випробувальної техніки і може бути використана для випробування коробки після виготовлення або ремонту. Стенд містить раму, що складається з верхнього та нижнього ярусів, жорстко скріплених між собою стійками. На верхньому ярусі встановлений кронштейн для кріплення випробуваної коробки передач. На нижньому ярусі встановлений приводний двигун, що кінематично пов'язаний з провідним валом випробуваної коробки передач. Привідний двигун виконаний у вигляді електродвигуна. Ведучий вал коробки передач з'єднаний зі зчепленням, що приводиться в дію від колінчастого валу штатного блоку циліндрів, з'єднаного ремінною передачею з приводним двигуном. На верхньому ярусі рами встановлений навантажувач, з'єднаний з гідронасосом та кінематично з'єднаний з веденим валом коробки. Навантажувач виконаний у вигляді штатної системи гальм. На верхньому ярусі рами встановлений кронштейн, що несе шумомір, з записуючим елементом. Технічний результат полягає у

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

рамою. Недоліком обох пристроїв є те, що при проведенні випробувань моделей різного масштабу на тому самому обладнанні будуть отримані результати вимірювань опору з різною точністю. Для проведення випробувань моделей різного масштабу з однаковою точністю необхідно змінювати силовимірювальний елемент (динамометр), що потребує великих витрат висококваліфікованого персоналу. Завданням корисної моделі є підвищення точності виміру опору досліджуваних моделей різного масштабу в дослідному басейні одному обладнанні. Технічний результат досягається тим, що на буксирувальному візку встановлена рухома рама, підвішена на пружних шарнірах до буксирувального візка і з'єднана з динамометром за допомогою вертикальної стійки, встановленої на рухомій рамі, яка з'єднана горизонтальною шарнірною тягою з важелем динаміком динамометра, а нижній кінець важеля шарнірно закріплений на одній підставі з нерухомою частиною динамометра, при цьому горизонтальна тяга як вертикальної стійки рухів і на важелі динамометра.

На рисунку 2.1 зображено динамометричний пристрій буксирувального візка дослідного басейну, вид збоку. На рисунку 2.2 зображено схема важелів, що з'єднують рухому раму з динамометром. На буксирувальному візку 1 встановлена рухома рама 2 на пружних шарнірах 3. На рухомій рамі 2 встановлена хитна каретка 4, яка утримується в нейтральному положенні за допомогою пружини 5. У каретці 4 встановлений вертикально переміщається соло 7 модель 8 з пілоном 6. На рухомій рамі 2 встановлена вертикальна стійка 9, яка з'єднана з динамометром 12 закріплений на одній підставі з нерухомою. Горизонтальна шарнірна тяга 11 може переміщатися у вертикальному напрямку вертикальній стійці 9 та важелі 12, фіксуючись у потрібному положенні стопорами 15 та 16. Пристрій працює наступним чином. Сила опору, що виникає на моделі 8 при її буксируванні в басейні на візку 1 передається через шарнір 7, пілон 6, гойдається каретку 4 з пружинами 5, рухому раму 2 з вертикальною стійкою 9, горизонтальну тягу 11 на важіль динамометра 12, який на динамометр 10, який вимірює цю силу.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стенд для випробування коробок передач, що містить раму, що складається з верхнього і нижнього ярусів, жорстко скріплених між собою стійками, з кронштейном, встановленим на верхньому ярусі для кріплення до нього випробуваної коробки передач, і встановленим на нижньому ярусі приводним двигуном і передач навантажувачем, з'єднаним з гідронасосом і кінематично з'єднаним з вихідним валом коробки передач, провідний вал коробки передач з'єднаний з ярусі рами встановлений кронштейн, що несе шумомір, з записуючим елементом.

США 7,377,502 В2 УНІВЕРСАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДВИГУНА, КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТА ПОДІБНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Підставка, що містить планку, регульовано з'єднану з двома протилежно розташованими існуючими несучими платформами, які регульовано з'єднані з відповідними болтами, регульовану ручку, що з'єднуються зі планкою, та дві існуючі ручки, що з'єднуються з відповідними несучими платформами для утримання двигуна та коробки передач з трьох напрямків; дві L-подібні планки, регульовано з'єднані двома парами болтів, дві пари довгих болтів, дві пари рам та дві опори, що утворюють опору для двигуна, коли двигун знаходиться на стенді, звільнений від ручок, що дозволяє знімати та повертати задню плиту двигуна та маховик без зняття двигуна зі стійки; додатково забезпечує надійне утримання двигуна незалежно від його типу, розміру та ваги, а також центрування двигуна без адаптерів.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

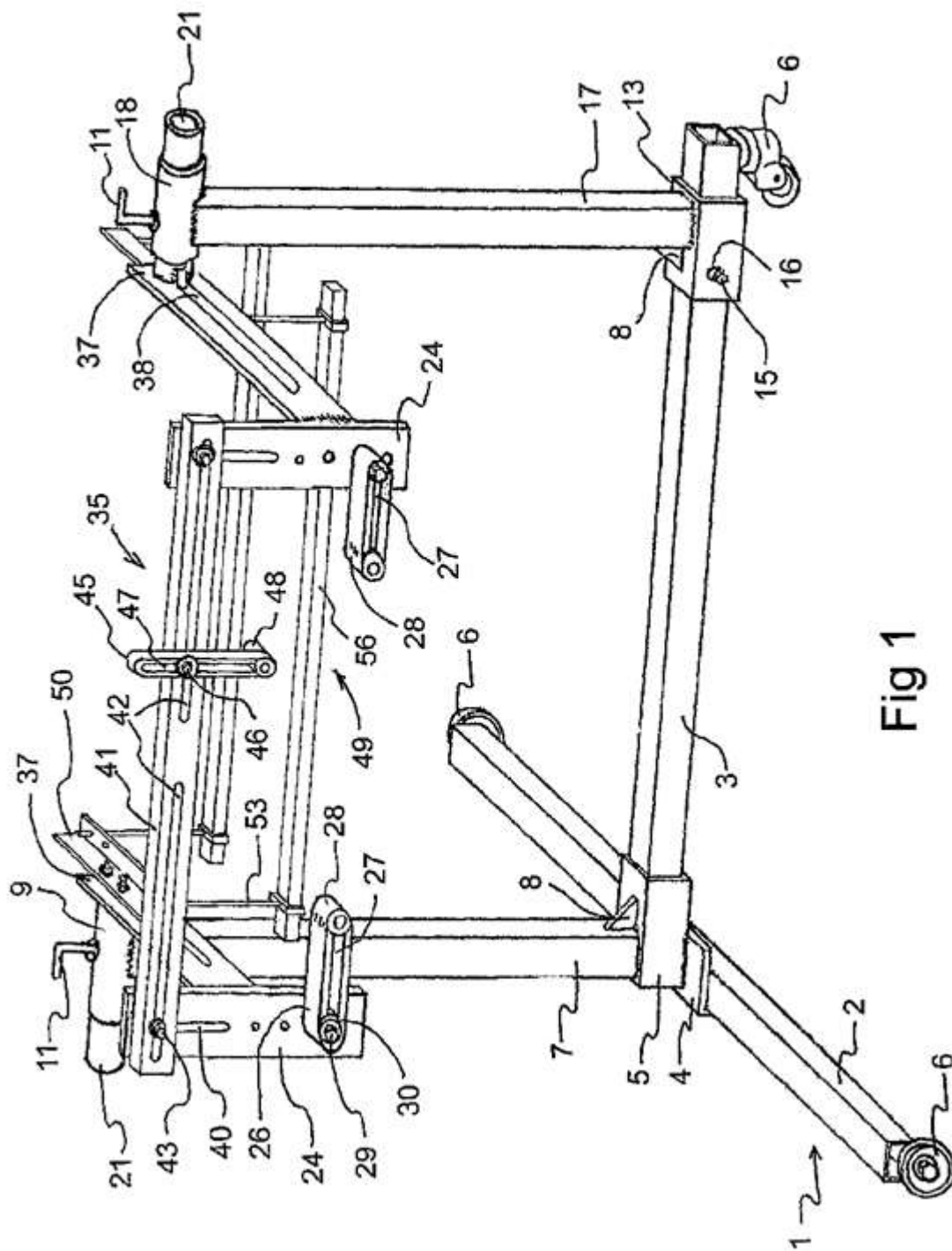


Fig 1

Рисунок 2.4 – Перспективне зображення зібраного винаходу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ

Арк.

20

Тип попереднього рівня техніки, що має важіль, забезпечений принаймні одним отвором, і пластину, що утримує двигун або коробку передач на їх задній стороні, унеможлиблює або суттєво ускладнює доступ до їх задньої сторони, так що певні деталі (наприклад, зчеплення, маховик, масляний сальник, пружина вимикання зчеплення, важіль виключення, направляючу втулку підшипника) необхідно знімати з двигуна та коробки передач перед їх встановленням.

Тип попереднього рівня техніки, що має дві опори та тримачі, що кріплять двигун до двох боків або кінців двигуна, суттєво перешкоджає або унеможлиблює доступ до болтових боків двигуна, а положення тримачів або опор може перешкоджати повному обертанню встановленого двигуна, якщо він має видовжені або з'єднані деталі на своєму блоці. Крім того, певний тип підставок для двигунів (наприклад, патент США № 1 812 585) вимагає значної витрати матеріалів, а також необхідно передбачити відносно дорогий та складний механізм, особливо для носіїв. Навіть поєднання ознак вищезазначених типів попереднього рівня техніки не могло задовольнити потребу в забезпеченні доступу до всіх боків двигуна та коробки передач. Винахід. Патент США № 7,237,758 розкриває універсальну підставку, здатну утримувати різні типи двигунів та коробок передач, що забезпечує вільний доступ до кожної їх сторони під час ремонту та реконструкції. Тим не менш, у згаданому винаході виявлено, що задня пластина двигуна, яку мають деякі двигуни та яка розташована між блоком двигуна та маховиком, не може бути знята з двигуна, коли двигун закріплений болтами на стенді. Крім того, деякі двигуни мають верхні отвори, які використовуються для кріплення двигуна до стенду, розташовані близько один до одного. У цьому випадку верхні ручки, з'єднані з відповідною несучою платформою, повинні бути довшими за нижні ручки, також з'єднані з відповідною несучою платформою, і через це може статися, що верхні ручки можуть перешкоджати зняттю або поверненню маховика з двигуна, коли двигун знаходиться на стенді. Також у деяких великих двигунах верхні отвори, згадані в попередньому абзаці,

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташовані так близько до нижніх отворів, що верхні ручки близько до нижніх ручок, тобто кут між кожною верхньою ручкою та відповідною нижньою ручкою занадто малий, і в такому разі двигун може бути не повністю закріплений на підставці. Також вищезгаданий винахід вимагає використання адаптерів для центральних двигунів, що є незручним. Цей винахід має на меті забезпечити вдосконалений пристрій для вирішення цих проблем. Основною метою цього винаходу є створення вдосконаленого універсального стенду для двигуна, коробки передач та подібних пристроїв транспортного засобу, який дозволяє знімати задню пластину двигуна з двигуна та встановлювати її на нього, коли двигун знаходиться на стенді. Другою метою цього винаходу є забезпечення вдосконаленого двигуна, коробки передач та подібної підставки універсального транспортного засобу, що дозволяє знімати шліфувальний круг з двигуна та повертати його на нього, коли двигун знаходиться на стенді, незалежно від типу та розміру двигуна. Ще однією метою цього винаходу є створення вдосконаленої універсальної підставки для двигуна, коробки передач та подібних пристроїв транспортного засобу, яка дозволяє надійно утримувати їх на підставці незалежно від їх типу, розміру та ваги. Ще однією метою цього винаходу є забезпечення вдосконаленої універсальної стійки для двигуна, коробки передач та подібних пристроїв транспортного засобу, яка дозволяє легко центрувати двигун, коробку передач та подібні пристрої без адаптерів.

Винахід включає:

Стандартна мобільна Т-подібна основа; два існуючі вертикальні опорні елементи, один з яких закріплений на зазначеній основі та нерухомий, а інший закріплений на існуючій ніжці та переміщається зазначеною ніжкою вздовж довжини ніжки зазначеної основи; два існуючі горизонтальні опорні елементи, кожен з яких закріплений на верхній частині відповідного вертикального опорного елемента, причому зазначені горизонтальні опорні елементи є трубами, два існуючі поворотні регульовані важелі, що мають існуючу множину отворів, визначених у існуючих паралельних колах вздовж

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довжини кожного з зазначених важелів, кожне з яких розміщене у відповідному горизонтальному опорному елементі; перші кінці важелів, звернені один до одного; існуюча пара несучих пластин; існуючі регульовані ручки, кожна ручка має видовжений паз для регульованого кріплення на відповідній пластині, засіб для перенесення та ліжка.

Зазначений засіб перенесення включає дві пари болтів, кожна з яких закріплена поруч з першим кінцем відповідного важеля таким чином, що поздовжні осі болтів та важелів паралельні; пара регульованих з'єднувальних засобів, кожен з яких включає переважно видовжений паз, встановлений вздовж його довжини, для регульованого розміщення болтів, закріплених на відповідному важелі, для полегшення центрування двигуна, причому перший кінець регульованого з'єднувального засобу є вільним, а другий кінець закріплений з одного боку відповідної несучої пластини, кожна з несучих пластин включає кілька отворів у нижній частині для регульованого з'єднання з регульованими ручками та переважно паз вздовж довжини верхньої частини для регульованого з'єднання зі стрижнем. Зазначений стрижень має переважно два видовжені пази, встановлені вздовж його довжини для кращого регулювання відносно несучих пластин та типу та розміру двигуна. Зазначений стрижень також включає принаймні одну ручку з видовженим пазом та трубку, приварену до одного кінця ручки, причому трубка простягається від краю ручки на товщину стрижня. Ложе містить пару L-подібних стрижнів, кожен L-подібний стрижень, бажано, містить кілька отворів, визначених горизонтально у вертикальній частині, для регульованого зчеплення з відповідною парою зазначених болтів, закріплених на відповідному кронштейні, та бажано кілька отворів, визначених у горизонтальній частині, принаймні дві пари рам та принаймні дві пари довгих болтів, верхні кінці кожної пари довгих болтів регульовано зчеплені з отворами, визначеними в горизонтальній частині зазначеного L-подібного стрижня, а нижні кінці кожної пари довгих болтів міцно з'єднані з верхніми сторонами зазначених відповідних рам; принаймні пару опор,

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

кожна з яких вільно протягнута через протилежні рами, щоб з'єднатися з зазначеним L-подібним стрижнем, утворюючи опору для двигуна, коробки передач тощо, коли це необхідно, утримується на підставці без ручок. Подальші цілі та переваги цього винаходу стануть очевидними з детального опису, наведеного нижче, з відповідними посиланнями на супровідні креслення.

Далі буде детально розглянуто цей бажаний варіант реалізації винаходу, приклад якого проілюстровано на супровідних кресленнях. Цей винахід включає стандартну T-подібну основу (1), розміщену на колесах (6), одне з яких є рухомим. Основа включає дві ніжки (2, 3), з'єднані болтом з L-подібними засобами (4) та з'єднувальними засобами (5), які в проілюстрованому варіанті реалізації зварені. Винахід також включає дві існуючі вертикальні опори (7, 17). Вертикальна опора (7) міцно з'єднана зі з'єднувальними засобами (5) та є нерухомою, а вертикальна опора (17) міцно з'єднана з існуючою ніжкою (13). Ніжка (13) розміщена навколо ніжки (3) з можливістю переміщення вздовж довжини ніжки (3) та має існуючі фіксуючі засоби (15, 16), передбачені для фіксації ніжки в потрібному положенні. Дві існуючі горизонтальні опори (9, 18) міцно з'єднані з відповідними верхівками вертикальних опор (7, 17) для розміщення відповідних існуючих поворотних регульованих важелів (21). Кожне з плечей (21) має наявну множину отворів (22, рис. 2), визначених у існуючих паралельних колах вздовж довжини плеча (21).

Винахід включає несучий засіб (35). Несучий засіб (35) складається з двох пар болтів (36). Болти (36) не мають головок. Кожна з пари болтів (36) закріплена на відповідному поворотному регульованому важелі (21) поруч з першим кінцем кожного підсилювача таким чином, що поздовжні осі кожної пари болтів (36) та відповідного важеля (21) паралельні. Перші кінці важелів (21) спрямовані один до одного. Відповідно до винаходу, несучий засіб (35) включає пару регульованих з'єднувальних засобів (37). Кожен з пари регульованих з'єднувальних засобів містить, бажано, паз (38), встановлений

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вздовж його довжини для регульованого розміщення відповідної пари болтів (36), закріплених на відповідному важелі, для полегшення центрування коробки передач двигуна тощо. Дві пари відповідних шайб (36a) відповідно та дві пари відповідних гайок (36b) відповідно розташовані на болтах (36) для фіксації відповідних регульованих з'єднувальних засобів (37) у потрібному положенні. Перші кінці регульованих з'єднувальних засобів (37) залишаються вільними, а їх другі кінці закріплені на відповідній існуючій несучій пластині (24). Кожна з несучих пластин (24) включає, бажано, кілька отворів (39) у своїй нижній частині та, бажано, паз (40) вздовж довжини своєї верхньої частини для кращого та легшого регулювання за допомогою стрижневого засобу (41), який буде описано далі. Кожна з несучих пластин (24) забезпечена принаймні однією існуючою регульованою ручкою (26). У проілюстрованому варіанті виконання засіб перенесення додатково включає стрижень (41). Стрижень (41) має два отвори (42), вирівняні вздовж його довжини. Для того, щоб штанга (41) була міцнішою посередині, а штанга мала бути регульовано з'єднана з несучими пластинами (24) відповідними болтами (43), які закріплені відповідними шайбами та гайками. Несуча частина (35) включає принаймні одну регульовану ручку (45). Регульована ручка (45) має видовжений паз (47) для регульованого з'єднання з штангою (41) відповідним болтом (46) та трубкою (48), привареною до одного кінця ручки (45). Трубка простягається від краю ручки (45) таким чином, щоб товщина штанги (41) була в одній площині з ручками (26), закріпленими на несучих пластинах (24). Ложе (49) складається з пари L-подібних стержнів (50). Кожен L-подібний стрижневий елемент (50) бажано має кілька отворів (51), визначених горизонтально у своїй вертикальній частині, для регульованого зчеплення з відповідними болтами (36), закріпленими на кронштейнах (21). Дві пари відповідних шайб (36c) відповідно та дві пари відповідних гайок (36d) відповідно розташовані на болтах (36) для фіксації L-подібних стрижневих елементів (50) у потрібному положенні. Кожен L-подібний стрижневий елемент (50) також бажано має кілька отворів (52),

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

визначених у своїй горизонтальній частині. Кошик містить щонайменше дві пари довгих болтів (53), кожен з болтів (53) має верхній та нижній кінці, верхні кінці болтів (53) регульовано зчеплені з отворами (52), визначеними в горизонтальних частинах відповідних L-подібних стрижневих елементів (50), та закріплені відповідними гайками (54). Кошик (49) також включає щонайменше дві пари рам (55), верхні сторони рам міцно з'єднані з відповідними нижніми кінцями болтів (53); і принаймні пару опор (56), кожна опора (56) вільно протягнута через дві протилежні рами (55) для зв'язку з L-подібним стрижневим елементом (50) для утворення опори для двигуна, коробки передач тощо, коли це необхідно, щоб вона трималася на підставці, звільнена від ручок (26 та 45). Під час роботи винаходу, як найкраще видно на Рис. 1, коли двигун поміщається між регульованими з'єднувальними засобами (37), фіксуючі засоби (15, 16) ніжки (13) та болти (43) на стрижні звільняються, щоб забезпечити регулювання відстані між вертикальними опорами (7, 17) відповідно до розміру та/або типу двигуна. Після досягнення бажаного положення зуба (13) та стрижня (41) фіксуючі засоби (15, 16) на ніжці (13) та болти (43) на стрижні відповідно затягуються, щоб запобігти їх зміщенню. Після цього положення регульованих ручок (26, 45) на несучих пластинах (24) та на стрижні (41) регулюється таким чином, щоб відповідні болти, протягнуті через ручки, увійшли у відповідні отвори двигуна, і болти затягуються. Щоб двигун можна було легко повертати вручну на стенді навколо своєї поперечної осі, поперечна вісь двигуна повинна збігатися з уявними осями поворотних регульованих важелів (21). Цей збіг досягається простим переміщенням регулювальних з'єднувальних засобів (37) по болтах (36), закріплених на важелях (21). Якщо двигун має подовжені або з'єднані деталі з боку(-ів) блоку, що може бути так, вертикальна(-і) опора(-и) (7 та/або 17) може(-ють) перешкоджати обертанню двигуна. Тоді бажана відстань між вертикальною(-ими) опорою(-ами) (7 та/або 17) та відповідним двигуном може бути досягнута за допомогою регульованого(-их) важеля(-ів) (21). У випадку, якщо двигун має задню

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пластину двигуна, ліжка (49) встановлюється за допомогою L-подібних стрижнів (49) на відповідні болти (36), щоб забезпечити зняття пластини з двигуна, коли двигун знаходиться на стенді. Положення опор (56) відносно двигуна регулюється довгими болтами (53), і після зняття маховика з двигуна болти, що з'єднують ручки (26, 45) з двигуном, звільняються, і двигун залишається на опорах (56), а задня пластина двигуна знімається. Потім звільнені болти, що з'єднують ручки (26, 45) з двигуном, знову затягуються, і ложе знімається. Таким чином, цей винахід забезпечує утримання двигуна транспортного засобу, коробки передач тощо з трьох напрямків, що забезпечує надійне утримання їх на стенді та забезпечує доступ оператору до кожної сторони під час ремонту та реконструкції незалежно від їх типу, розміру та ваги. Також винахід забезпечує зняття маховика незалежно від типу двигуна та задню пластину двигуна з двигуна та їх повернення на нього, коли двигун знаходиться на стенді, а також легке центрування двигуна, коробки передач тощо без використання адаптерів. Підставка може бути виготовлена з будь-якого відповідного матеріалу, бажано з металу.

Винахід забезпечує економічну, мобільну, просту, регульовану в багатьох відношеннях, практичну, легко збирається та розбирається. Хоча винахід було пояснено стосовно його бажаного варіанту втілення, слід розуміти, що можуть бути зроблені інші можливі модифікації та варіації без відхилення від суті та обсягу винаходу, як заявлено нижче.

Заявлений винахід полягає в наступному:

1. Підставка для утримання двигуна, коробки передач та деталей, що містить зазначену підставку: стандартну T-подібну основу (1); два вертикальні опорні елементи (7, 17), опорний елемент (7): закріплений на зазначеній основі (1) та нерухомий, опорний елемент (17): закріплений на ніжці (13) та переміщуваний зазначеною ніжкою вздовж довжини ніжки (3) зазначеної основи (1); два горизонтальні опорні елементи (9, 18), кожен з яких зазначених горизонтальних опорних елементів (9, 18) закріплений зверху відповідного зазначеного вертикального опорного елемента (7, 17),

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазначені горизонтальні опорні елементи (9, 18) є трубками; два поворотні регульовані важелі (21), що мають кілька отворів (22), утворених паралельними колами вздовж довжини кожного з зазначених важелів (21), кожен з яких розміщений у відповідному горизонтальному опорному елементі (9, 18); пару несучих пластин (24); регульовані ручки (26), кожна ручка має видовжений паз (27), регульовано закріплений на зазначеній пластині (24); Несучий засіб (35), що включає дві пари болтів (36), кожна з яких закріплена на відповідному поворотному регульованому важелі (21) поруч з першим кінцем кожного важеля (21) таким чином, що поздовжні осі кожної пари болтів (36) та відповідного важеля (21) є паралельними; несучий засіб включає пару регульованих з'єднувальних засобів (37), кожен з яких включає видовжений паз (38), встановлений вздовж його довжини для регульованого розміщення відповідних болтів (36); несучий засіб (35) включає пару несучих пластин (24) з кількома отворами (39) у нижній частині та пазом (40) вздовж довжини у верхній частині; несучий засіб (35) включає стрижень (41); несучий засіб (35) включає принаймні одну ручку (45), причому ручка (45) регульовано з'єднана зі стрижнем (41) відповідним болтом (46)

зазначена ручка (45) має трубку (48), закріплену на одному її кінці; ліжка (49), що включає пару L-подібних стрижнів (50); зазначена ліжка (49) включає щонайменше дві пари болтів (53); зазначена ліжка (49) включає щонайменше дві пари рам (55); зазначена ліжка (49) включає щонайменше пару опор (56).

2. Підставка за п. 1, в якій кожен із зазначених регульованих з'єднувальних засобів (37) має перший кінець вільний, а другий кінець закріплений на одному боці зазначеної відповідної несучої пластини (24).

3. Підставка за п. 2, у якій зазначений стрижень (41) має два видовжені пази (42), розташовані вздовж його довжини для регульованого з'єднання з зазначеними несучими пластинами (24).

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Підставка за п. 3, у якій зазначена трубка (48) простягається від одного краю ручки (45) на товщину стрижня (41).
5. Підставка за п. 1, у якій кожен із зазначених L-подібних стрижневих елементів (50) містить множину отворів (51), визначених горизонтально у його вертикальній частині для регульованого зчеплення з відповідною парою зазначених болтів (36), кожен L-подібний стрижневий елемент (50) містить множину отворів (52), визначених у його горизонтальній частині.
6. Стійка за п. 5, у якій кожен із зазначених болтів (53) має верхній та нижній кінці, причому зазначений кінець кожного болта (53) регульовано входить у зчеплення з відповідним отвором (52), визначеним у горизонтальній частині відповідного L-подібного стрижневого елемента (50).
7. Стійка за п. 6, у якій кожна верхня сторона зазначених рам (55) міцно з'єднана з нижнім кінцем відповідного довгого болта (53).
8. Стійка за п. 7, у якій кожна з опор (56) вільно протягнуті через дві протилежні рами (55) для з'єднання зі згаданою парою L-подібних стрижневих елементів (50).

Вибір конструкції тримача

Одним із ключових елементів конструкції стенда для збирання-розбирання механічної коробки перемикачів передач (КПП) є пристрій для надійного фіксування агрегату в робочому положенні. З огляду на габарити, вагу та специфіку ремонту КПП, обрана схема монтажно-демонтажного стенда передбачає використання дугоподібного тримача жорсткої конструкції, який охоплює корпус КПП частково знизу і з боків, забезпечуючи стабільність та безпечний доступ до всіх основних площин і вузлів. Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл зусиль при навантаженні КПП, що мінімізує ризик деформації корпусу агрегату. Також

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

жорстке двоточкове кріплення по торцях забезпечує надійне з'єднання з опорною рамою стенда або з поворотним механізмом.

У процесі технічного обслуговування та ремонту коробок перемикачів передач (КПП) суттєве значення має зручність, безпечність і надійність виконання монтажних-демонтажних робіт. У проведенні розбирання/збирання КПП з дотриманням сучасних вимог до ергономіки та охорони праці, була розроблена модель універсального монтажних-демонтажного стенду.

Основу конструкції становить жорстка опорна рама, зварена з профільної труби прямокутного перерізу. Вертикальна стійка слугує несучим елементом для поворотного механізму, до якого кріпиться дугоподібний тримач – головний елемент для фіксації агрегатів. Конструкція доповнена черв'ячним редуктором із ручним приводом, що дозволяє точно позиціонувати коробку передач у потрібному положенні. На нижній рамі встановлені поворотні колеса з фіксаторами, що забезпечують мобільність стенду та його надійну фіксацію під час роботи. Для безпечної фіксації КПП передбачено дуговий тримач із болтовими елементами кріплення;

Вибір дугоподібного тримача замість класичного хрестового кронштейна обґрунтований вищою жорсткістю при дії радіального навантаження, зручністю встановлення агрегату збоку, що спрощує монтаж важких коробок та універсальністю кріплення для типових КПП тракторів, вантажних автомобілів тощо. Черв'ячний редуктор забезпечує точне регулювання кута нахилу зусиллям однієї руки, а також фіксацію агрегату без додаткових затискачів.

Розробка конструкції стенду проводилася в середовищі SolidWorks. Вибір цього середовища обумовлений його широкими можливостями у галузі параметричного 3D-моделювання, моделювання зварних конструкцій, а також інтегрованими засобами проведення інженерного аналізу методом скінченних елементів (FEA). Процес створення моделі здійснювався за модульним принципом, що дозволяє в подальшому легко адаптувати конструкцію під змінні параметри КПП або інші типи агрегатів.

										Арк.
										33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ

Проектування відбувалося в умовному середовищі з урахуванням типових габаритних і масових характеристик КПП.

Визначення основних параметрів механізму повороту рамки КПП.

Як механізм який забезпечує поворот рамки ми використовуємо черв'ячний редуктор.

Визначення вихідних даних, необхідні розрахунку черв'ячного редуктора.

Крутний момент на колесі черв'ячного редуктора:

$$T_2 = m \cdot r_1$$

де m - Вага КПП, 3000 Н;

r_1 - плече рамки, від осі обертання до центру ваги КПП, 0,2 м;

$$T_2 = 3000 \cdot 0,2 = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо вхідний крутний момент на черв'яку:

$$T_{\text{вх}} = F_{\text{доп}} \cdot r_2$$

де $F_{\text{доп}}$ – допустиме зусилля, що розвивається робітником, 100 Н;

r_2 - плече рукоятки приводу редуктора, 0,2 м;

$$T_{\text{вх}} = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо мінімально необхідне передатне відношення редуктора:

$$u = T_2 / T_{\text{вх}}$$

$$u = \frac{600}{20} = 30$$

Приймаємо для черв'ячного редуктора $u = 32$

Визначаємо частоту обертання черв'ячного колеса редуктора:

$$n_2 = n_{\text{доп}} / u,$$

де $n_{\text{доп}}$ - допустима частота обертання робочим, 25 об/хв;

$$n_2 = \frac{25}{32} = 0,78 \text{ об/хв.}$$

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Орієнтовне значення швидкості ковзання

Швидкість ковзання

$$V_s = 0,00045 \cdot n_1 \sqrt[3]{T_2} = 0,00045 \cdot 25 \cdot \sqrt[3]{30} = 0,03 \text{ м/с}$$

Вибір металів для виготовлення передачі

Для виготовлення черв'яка вибрано сталь 40Х загартовану: границя міцності $\sigma_{B1} = 740 \text{ МПа}$, границя текучості $\sigma_{T1} = 490 \text{ МПа}$, твердість $\text{HRC}_1 = 50 \dots 55$.

Вінець черв'ячного колеса при швидкості ковзання $V_s = 5 \dots 25 \text{ м/с}$ передбачається виготовляти з олов'янистої бронзи Бр ОФ–10–1 з границею міцності $\sigma_B = 295 \text{ МПа}$, границею текучості $\sigma_T = 196 \text{ МПа}$.

Розрахунок допустимих напружень

Для черв'ячних коліс, виготовлених з олов'янистої бронзи: допустимі контактні напруження.

$$[\sigma_{H2}] = (0,75 \dots 0,9) \sigma_B K_w = (0,75 \dots 0,9) \cdot 295 \cdot 0,6 = 132,75 \dots 159,3$$

де K_w – коефіцієнт, що враховує зношення черв'яка:

$$K_w = 1,41 - 0,1 V_s \geq 0,8 = 1,41 - 0,1 \cdot 8,18 = 0,6$$

Допустимі напруження згину

$$[\sigma_{F2}] = 0,25 \sigma_T + 0,08 \sigma_B = 0,25 \cdot 196 + 0,08 \cdot 295 = 72,6 \text{ МПа}$$

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Вибір коефіцієнта діаметра та числа заходів черв'яка.

При передаточному числі редуктора $u = 32$, коефіцієнт діаметра $q = 8$, а число заходів черв'яка $Z_1=1$.

Розрахунок кількості зубців черв'ячного колеса

Кількість зубців черв'ячного колеса

$$Z_2 = Z_1 u = 1 \cdot 32 = 32$$

Визначення міжосьової відстані передачі

Міжосьова відстань

$$a = \left(\frac{Z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{ \left(\frac{5400}{[\sigma_H] \cdot \frac{Z_2}{q}} \right)^2 \cdot K_H \cdot T_2, \text{ мм}}$$

де K_H – коефіцієнт навантаження по контактних напруженнях

$$K_H = 1,5 \dots 1,8$$

прийнято $K_H = 1,6$

$$\text{Більш точно } K_H = 1 + 0,5 \left(\frac{Z_2}{\Theta} \right)^3$$

де Θ – коефіцієнт деформації черв'яка, при $Z_1=1$ та $q=8$; $\Theta=72$.

$$K_H = 1 + 0,5 \left(\frac{32}{72} \right)^3 = 1,044$$

$$a = \left(\frac{32}{8} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{ \left(\frac{5400}{150 \cdot \frac{32}{8}} \right)^2 \cdot 1,044 \cdot 30 } = 68 \text{ мм}$$

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Вибір стандартної передачі

Відповідно до заданого передаточного числа редуктора $u = 32$, коефіцієнта діаметра $q = 8$ і числа заходів черв'яка $Z_1 = 1$ вибрана стандартна черв'ячна передача $a = 200$ мм, та модулем зачеплення $m = 10$ мм.

Визначення основних розмірів черв'яка і черв'ячного колеса

Ділильні діаметри: черв'яка $d_1 = q \cdot m = 8 \cdot 10 = 80$ мм

Середній для колеса $d_{m2} = m \cdot z_2 = 10 \cdot 32 = 320$ мм

Діаметри вершин: черв'яка $d_{a1} = m \cdot (q + 2) = 10 \cdot (8 + 2) = 100$ мм

Середній для колеса $d_{ma2} = m \cdot (z_2 + 2) = 10 \cdot (32 + 2) = 340$ мм

Діаметри впадин: черв'яка $d_{f1} = m \cdot (q - 2,4) = 10 \cdot (8 - 2,4) = 56$ мм

Середній для колеса $d_{mf2} = m \cdot (z_2 - 2,4) = 10 \cdot (32 - 2,4) = 296$ мм

Максимальний діаметр черв'ячного колеса

$$d_{am2} = d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2} = 340 + \frac{6 \cdot 10}{1 + 2} = 360 \text{ мм}$$

Довжина нарізної частини черв'яка

$$b_1 = (16 \dots 20)m = 20 \cdot 10 = 200 \text{ мм.}$$

Ширина черв'ячного колеса

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$b_2 = (0,67 \dots 0,75)d_{a1} = 0,75 \cdot 100 = 75 \text{ мм},$$

прийнято $b_2 = 75 \text{ мм}$

Кут підйому гвинтової лінії

$$\varphi = \arctg \frac{Z_1}{q} = \arctg \frac{1}{8} = \arctg 0,125 = 7,125^\circ = 7^\circ 07' 30''$$

Уточнення коефіцієнта навантаження.

Коефіцієнт навантаження $K_H = K_\beta K_V$

де K_β – коефіцієнт концентрації навантаження,

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{Z_2}{\Theta} \right)^3 (1 - X),$$

K_V – коефіцієнт динамічності навантаження.

В формулі коефіцієнт X враховує характер навантаження. При спокійному навантаженні $X=1$; при незначних коливаннях $X = 0,6$; у випадку значних коливань $X = 0,3$. Прийнято $X = 0,6$.

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{32}{72} \right)^3 (1 - 0,6) = 1,035$$

Уточнене значення швидкості ковзання

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000 \cdot \cos \varphi} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 2116,8}{60000 \cdot 0,992} = 8,93 \text{ м/с}$$

Для восьмого степеня точності коефіцієнт динамічності навантаження
прийнято $K_V = 1,25$

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_H = 1,035 \cdot 1,25 = 1,294$$

Перевірка контактних напружень

Контактні напруження, МПа

$$\begin{aligned} \sigma_H &= \frac{5400}{\frac{Z_2}{q}} \sqrt{\left(\frac{\frac{Z_2}{q} + 1}{a}\right)^{K_H \cdot T_2}} = \frac{5400}{\frac{32}{8}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{32}{8} + 1}{200}\right)^3 \cdot 1,294 \cdot 30} \\ &= 33,2 < [\sigma_H] = 159,3 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Усі елементи проєктувалися з використанням функціоналу Weldments та Assembly Mates, що дозволяє точно позиціонувати компоненти в складанні та моделювати зварні шви без зайвого деталювання. Враховано реальні габарити профілю, посадочні отвори під стандартні кріплення, а також місця для установки фіксаторів та регульованих елементів. Конструкція є адаптивною: основні вузли можуть бути легко змінені під інші типи коробок передач або специфічні вимоги замовника. У процесі моделювання використовувалися стандартні компоненти з бібліотек Toolbox, що спрощує підготовку креслень і подальшу стандартизацію вузлів.

На рисунку 2.1 наведено тривимірну модель спроектованої конструкції

										ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
											39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



Рисунок 2.1 – тривимірна модель спроектованої конструкції

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

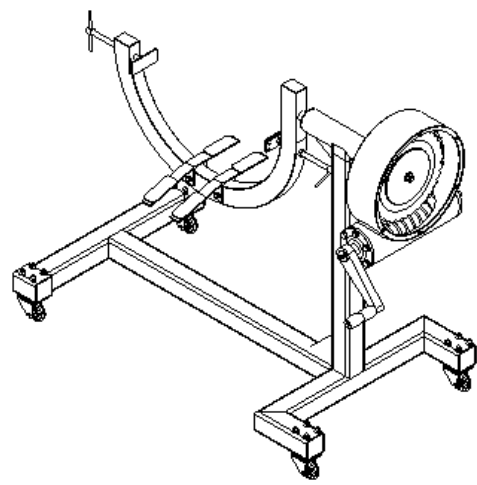
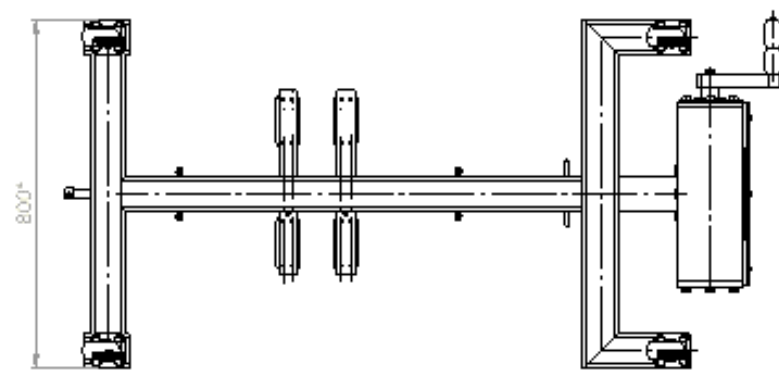
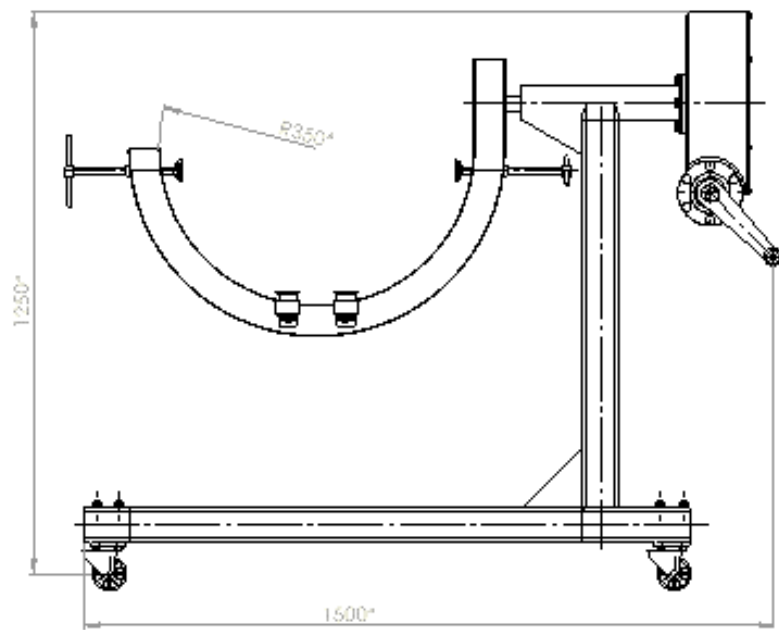


Рисунок 2.2 – Вид загальний

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Для перевірки працездатності та надійності дугового тримача стенду виконано розрахунок на міцність при дії навантаження, що виникає під час утримання коробки передач у підвішеному стані. Розрахунок проводився як у вигляді аналітичного оцінювання, так і методом скінченних елементів у середовищі SolidWorks Simulation.

Тримач розглядається як аркова балка, закріплена на кінцях. Найбільші згинальні моменти виникають у нижній центральній частині.

Максимальний згинальний момент:

$$M_{\max} \approx F \cdot R = 2452 \cdot 0.352 = 863.1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $F = 2452 \text{ Н}$, сила прикладена в середній нижній точці тримача.

$R = 352 \text{ мм}$ радіус кривизни.

Момент опору прямокутного перерізу:

$$W = \frac{b \cdot t^2}{6} = \frac{0,046 \cdot 0,03^2}{6} \approx 6,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

де $b = 46 \text{ мм}$ ширина в перерізі

$t = 30 \text{ мм}$ товщина.

Максимальні напруження:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{863,1}{6,9 \cdot 10^{-6}} = 125 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{\sigma_{\text{доп}}}{\sigma_{\max}} = \frac{215}{125,1} = 1,72$$

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки та перевірка на міцність

Метод скінченних елементів (МСЕ, англ. Finite Element Method, FEM) є одним з найпоширеніших чисельних методів, що використовуються для аналізу напружено-деформованого стану конструкцій у машинобудуванні, авіації, будівництві та інших технічних галузях. Його сутність полягає в апроксимації безперервної фізичної системи — такої як механічна конструкція — скінченною кількістю простих геометричних елементів, взаємопов'язаних у вузлах. Кожен з елементів має власні механічні властивості та описується системою рівнянь, які у сукупності формують глобальну систему рівнянь для всієї конструкції. У межах методу скінченних елементів складна деталь чи вузол розбивається на велику кількість простих елементів (трикутників, тетраєдрів, кубів тощо), які утворюють так звану сітку (mesh). У кожному елементі розв'язуються рівняння рівноваги, що враховують механічні властивості матеріалу, геометрію, прикладені навантаження та граничні умови. Після формування глобальної матриці жорсткості виконується її розв'язання чисельними методами. Результатом такого аналізу є розподіл напружень (наприклад, за критерієм Мізеса), деформацій, переміщень вузлів сітки, коефіцієнтів запасу міцності. Ці результати дозволяють оцінити працездатність та надійність конструкції до її фізичного виготовлення.

Метод базується на принципі мінімуму потенціальної енергії або варіаційному формулюванні задачі. Зокрема, для задачі міцності (напружено-деформованого стану) виконується мінімізація функціонала енергії деформації:

$$\delta\Pi = \delta \int_V [W(\varepsilon) - \sigma_{ij}\varepsilon_{ij}] dV = 0$$

де: $W(\varepsilon)$ — функція щільності енергії деформації,

$\varepsilon_{ij}, \sigma_{ij}$ — тензори деформацій і напружень.

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Завдяки цьому формуються локальні матриці жорсткості для кожного елемента, які потім об'єднуються у глобальну систему лінійних рівнянь для всієї моделі. Цю систему розв'язують чисельно з урахуванням прикладених навантажень і граничних умов.

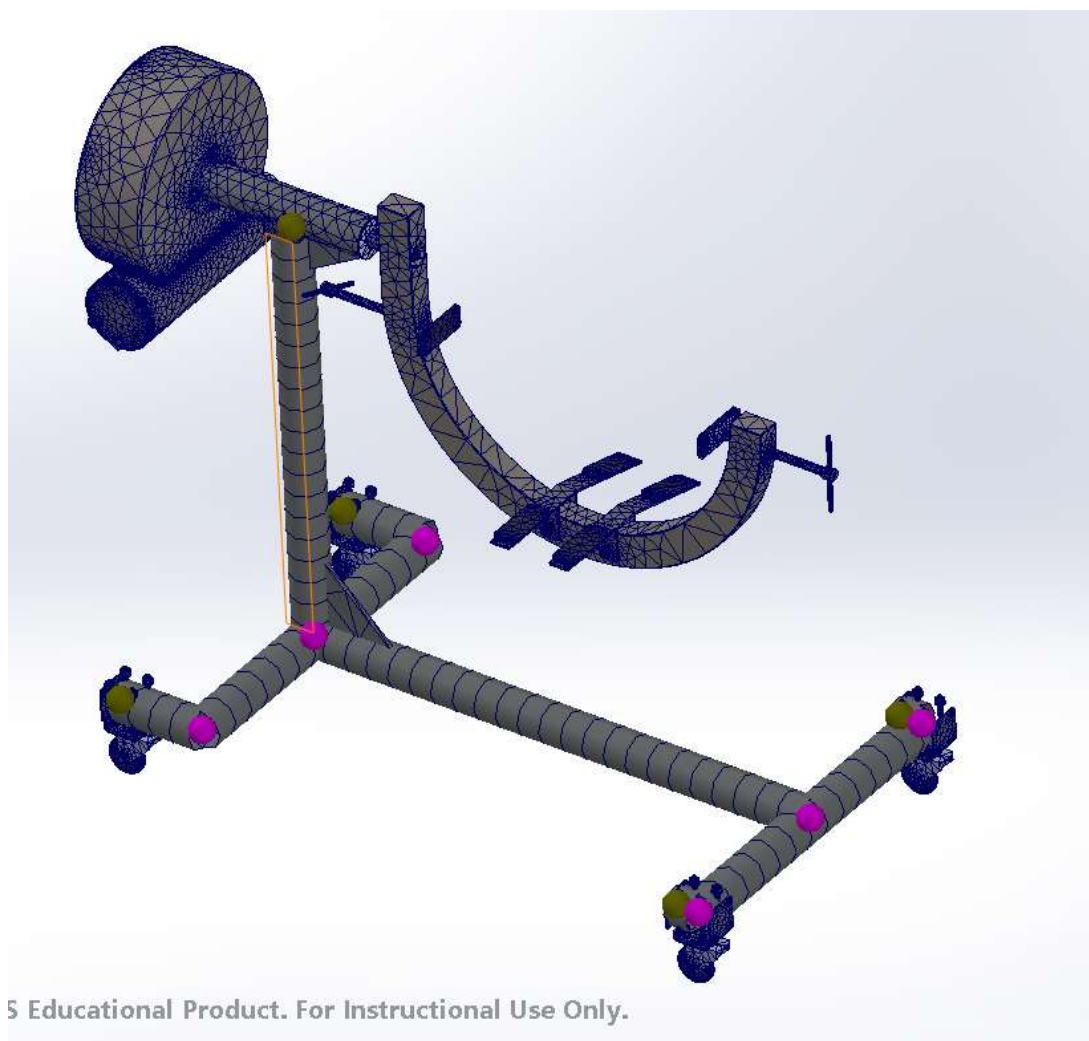
Об'єктом аналізу є суцільнозварна конструкція стенду, що складається з несівної рами з прямокутного профілю, дугоподібного тримача КПП, осі обертання та вузла фіксації, опорних коліс.

Параметри сітки

Тип елементів: тетраедричні об'ємні.

Середній розмір елемента: 5 мм.

Згущення сітки в зонах кріплення та прикладання сили.



5 Educational Product. For Instructional Use Only.

Рисунок 2.3 – Модель зі сіткою скінченних елементів

									Арк.
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

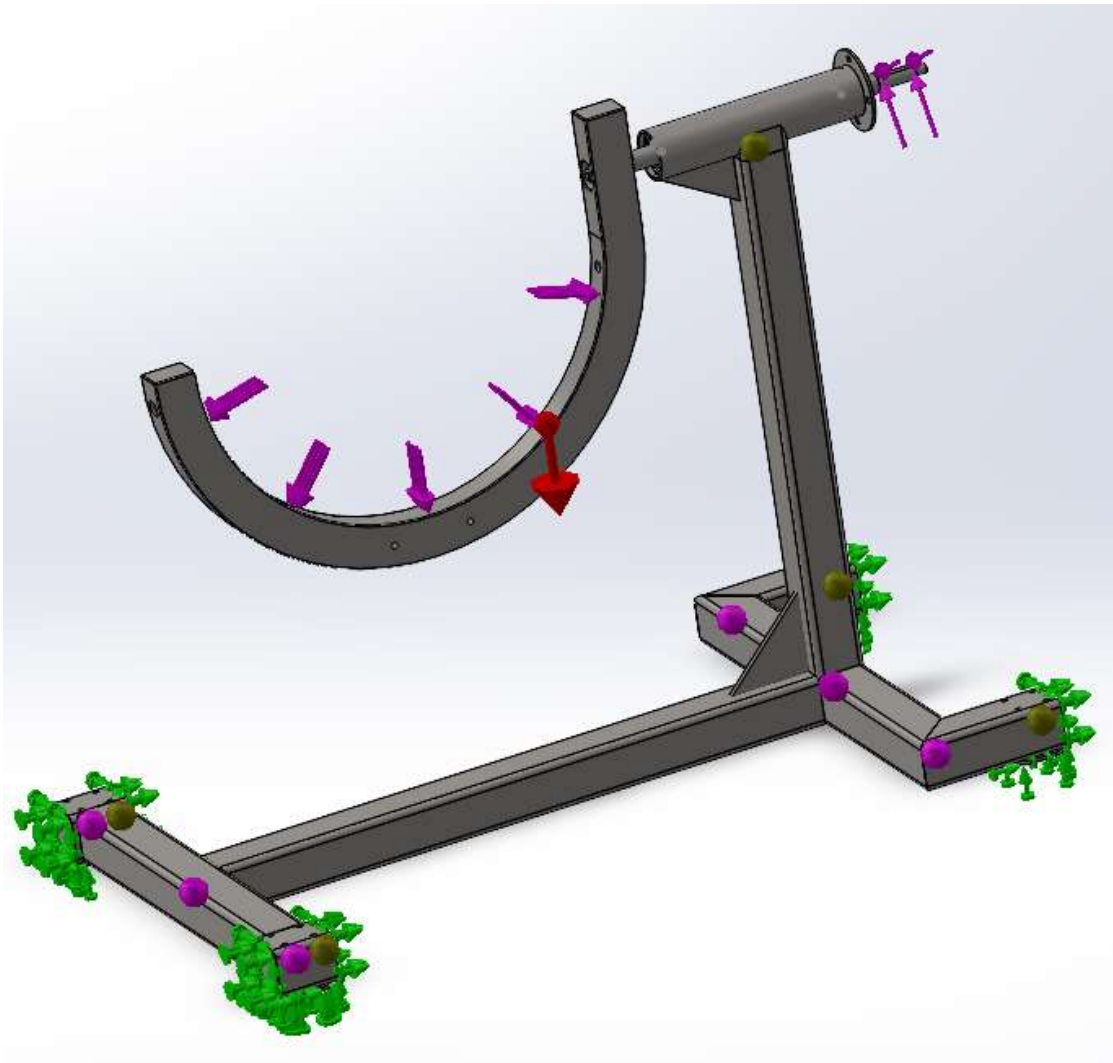


Рисунок 2.4 – Схема навантажень конструкції

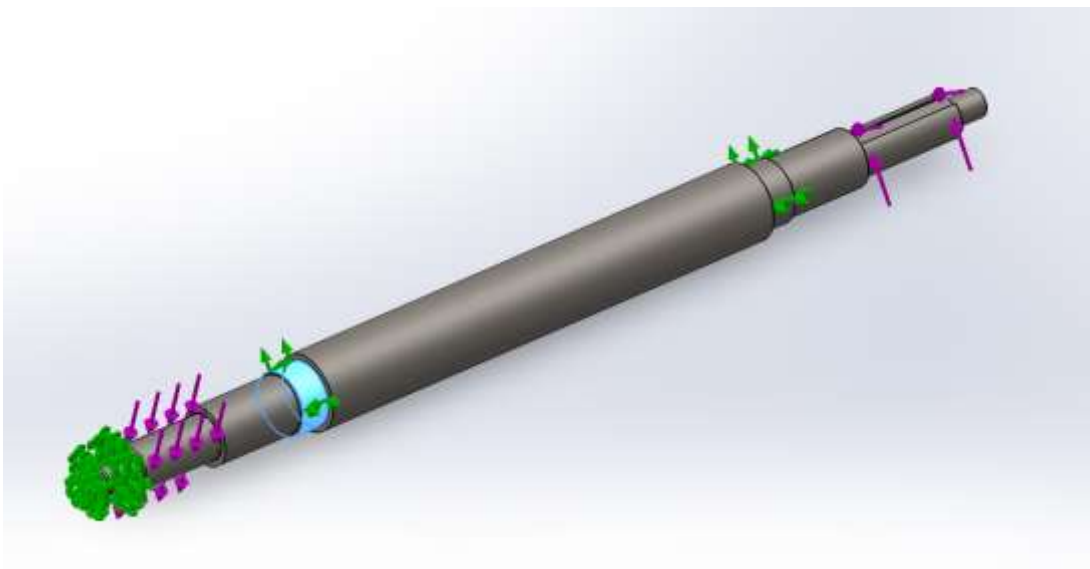


Рисунок 2.5 – Схема навантажень вала

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

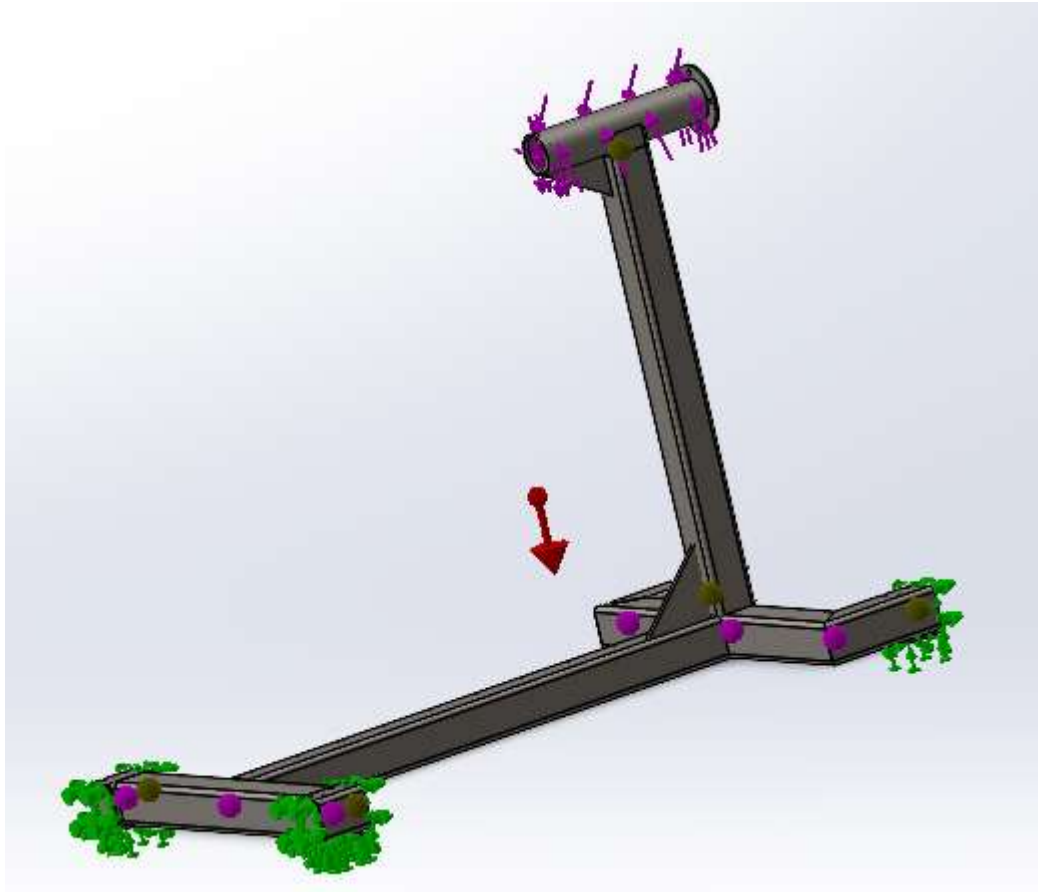
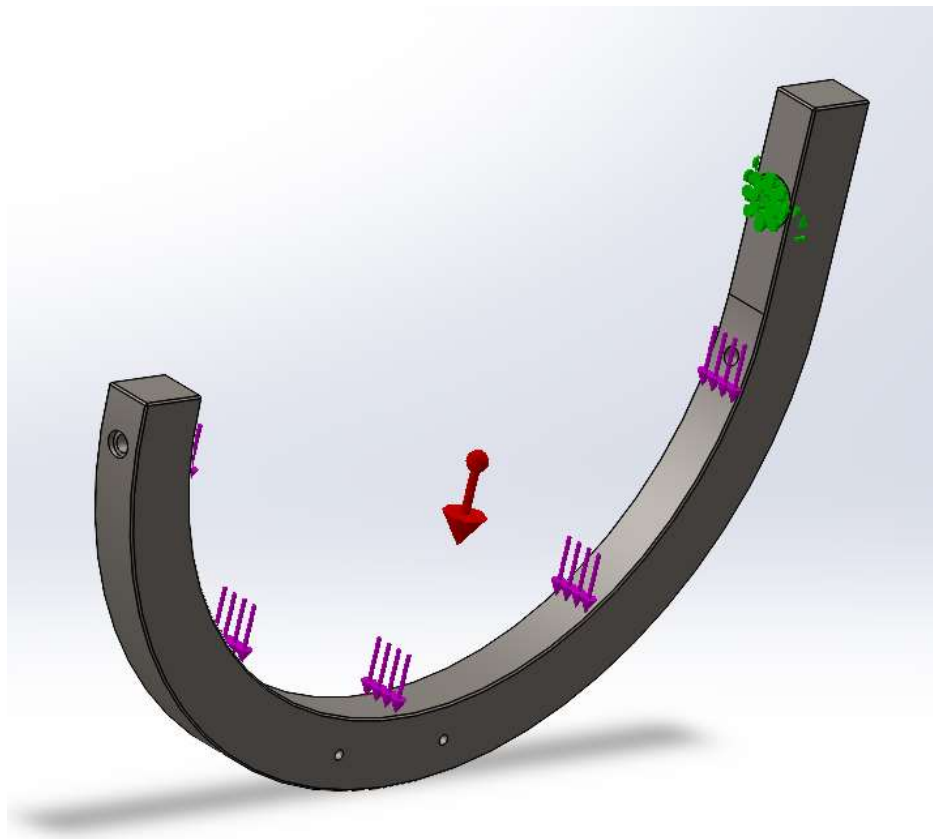


Рисунок 2.6 – Схема навантажень рами



					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Рисунок 2.7 – Схема навантажень тримача

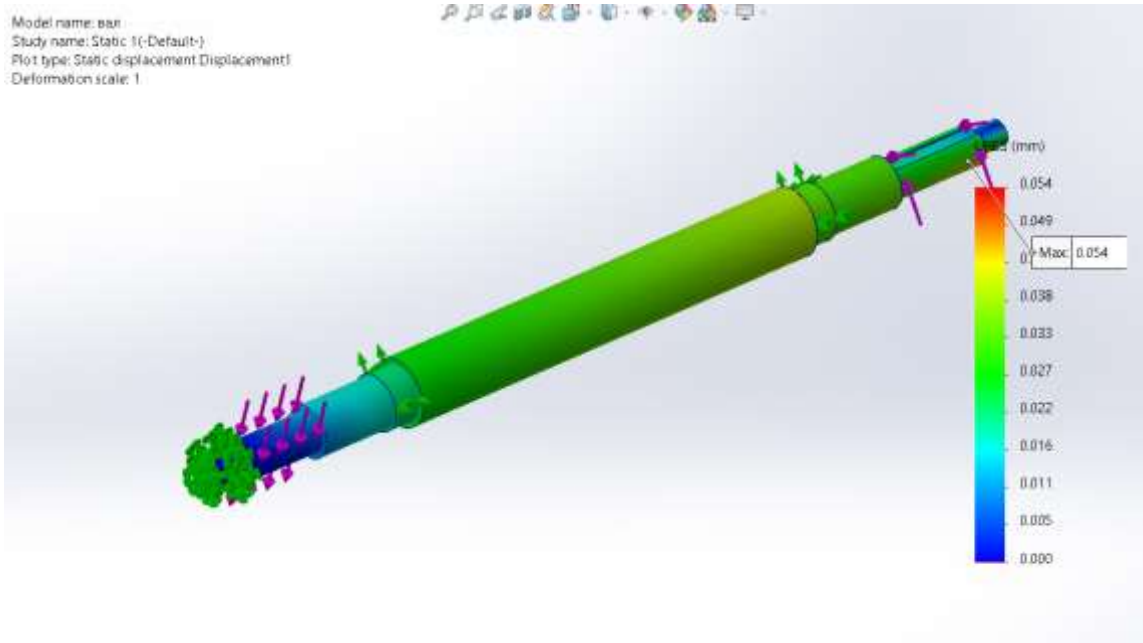


Рисунок 2.8 – Деформація валу

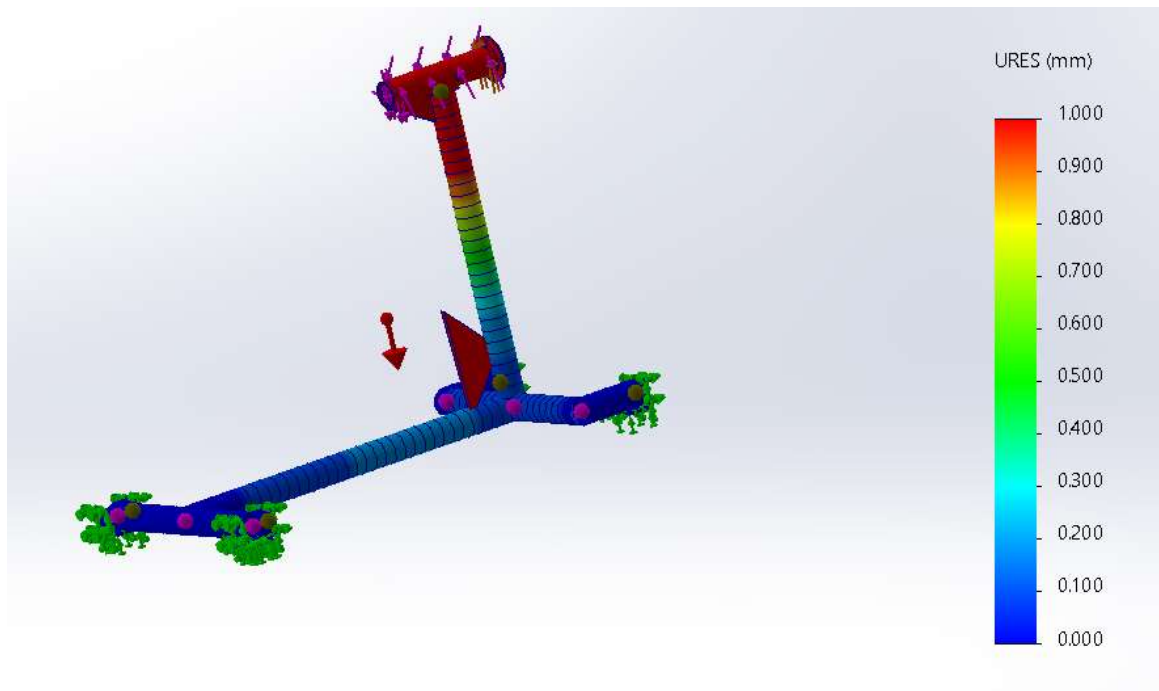


Рисунок 2.9 – Деформація рами

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

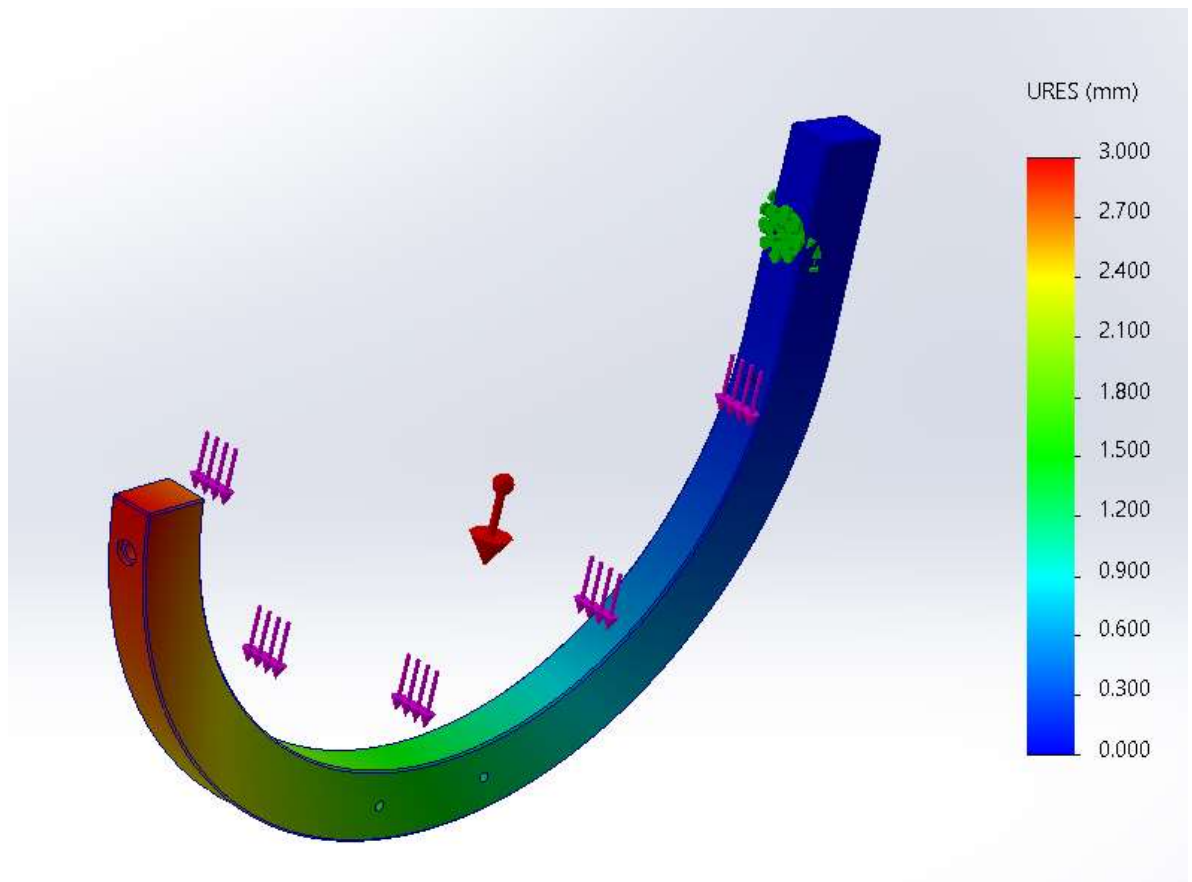


Рисунок 2.10 – Деформація тримача

Результати розрахунку (рисунок 2.8-2.10) показали, що максимальні переміщення спостерігаються в зоні кріплення коробки передач до тримача. Значення не перевищують 1 мм, що не є критичним для функціонування конструкції. Максимальні еквівалентні напруження за Мізесом (рисунок 2.11-2.13) зосереджені в зоні кріплення тримача до осі повороту. Пікове значення склало приблизно 137 МПа, що нижче допустимого.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

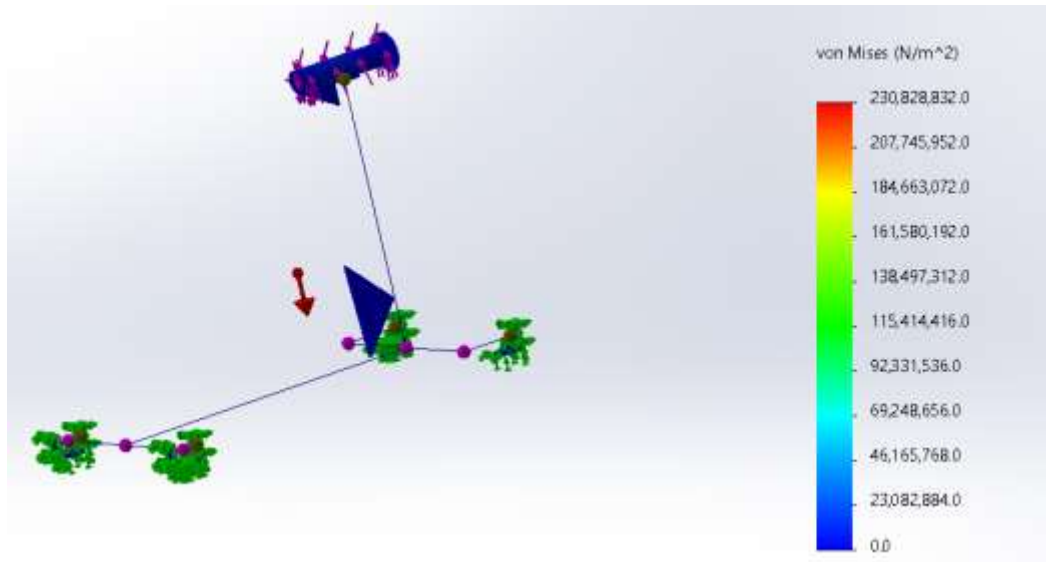


Рисунок 2.11 – Напруження рами

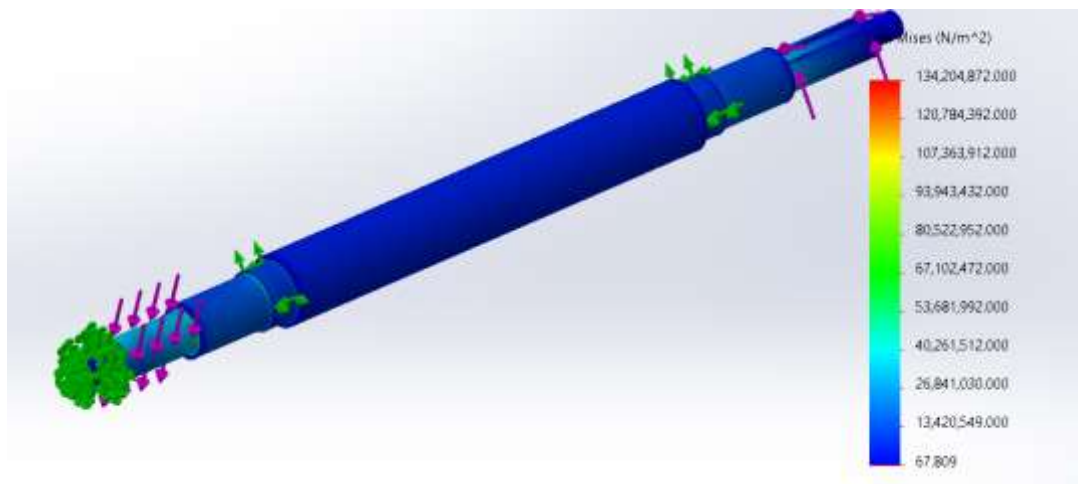


Рисунок 2.12 – Напруження валу

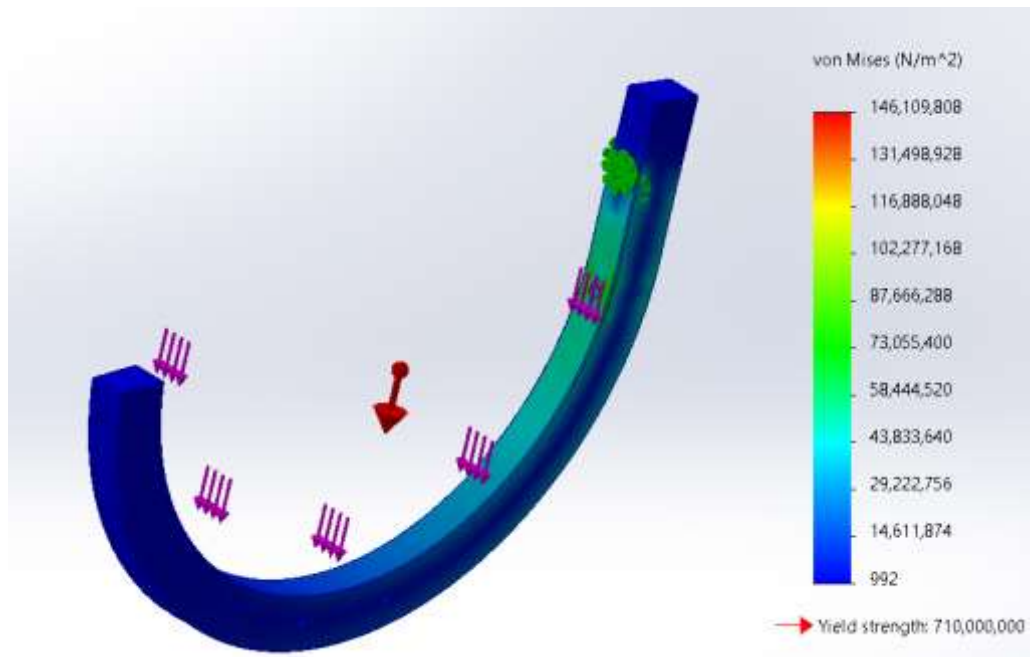


Рисунок 2.13 – Напруження тримача

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Коефіцієнт запасу міцності в найнапруженішій зоні становить близько 1.7. Загальний характер деформацій вказує на достатню жорсткість рами, при цьому вигин тримача є помірним і не загрожує порушенням геометрії конструкції. Найбільші лінійні деформації спостерігаються в середній частині дуги.

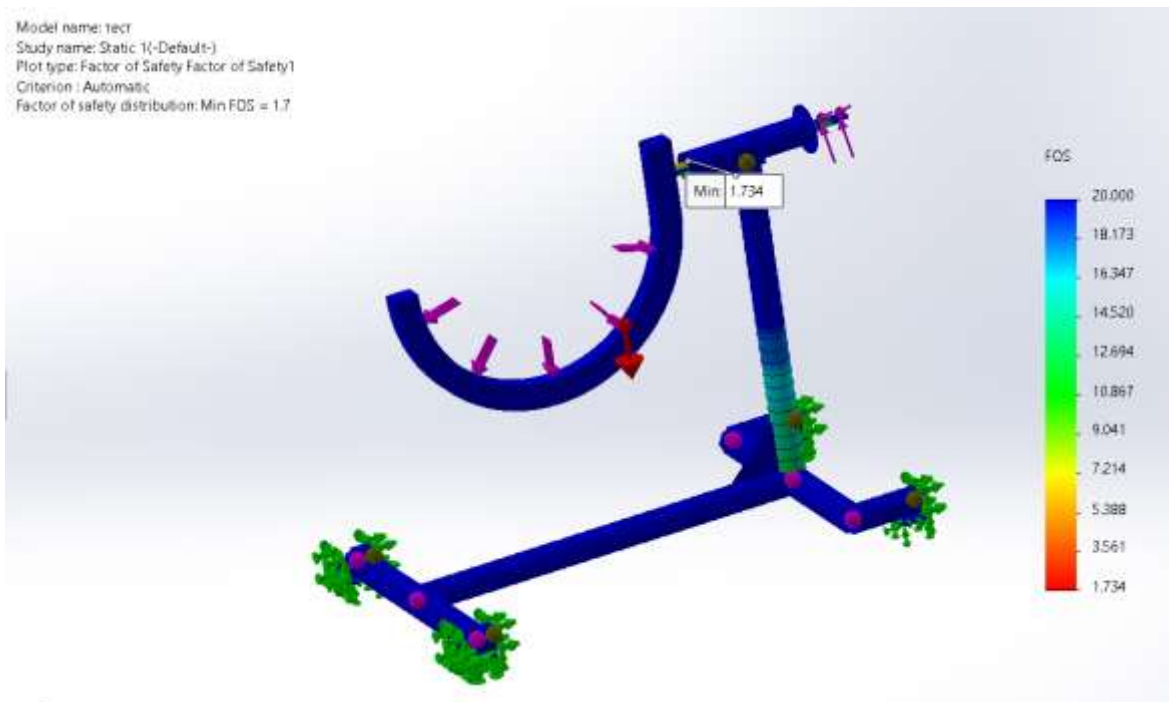


Рисунок 2.14 – Загальний коефіцієнт запасу міцності

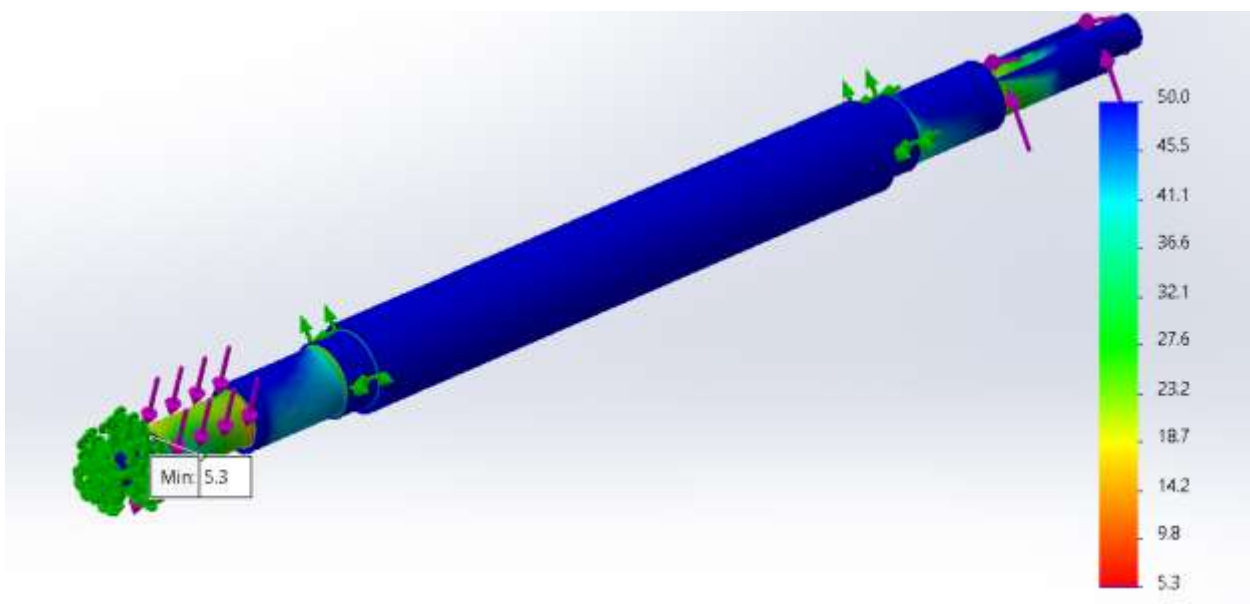


Рисунок 2.15 – Коефіцієнт запасу міцності валу

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

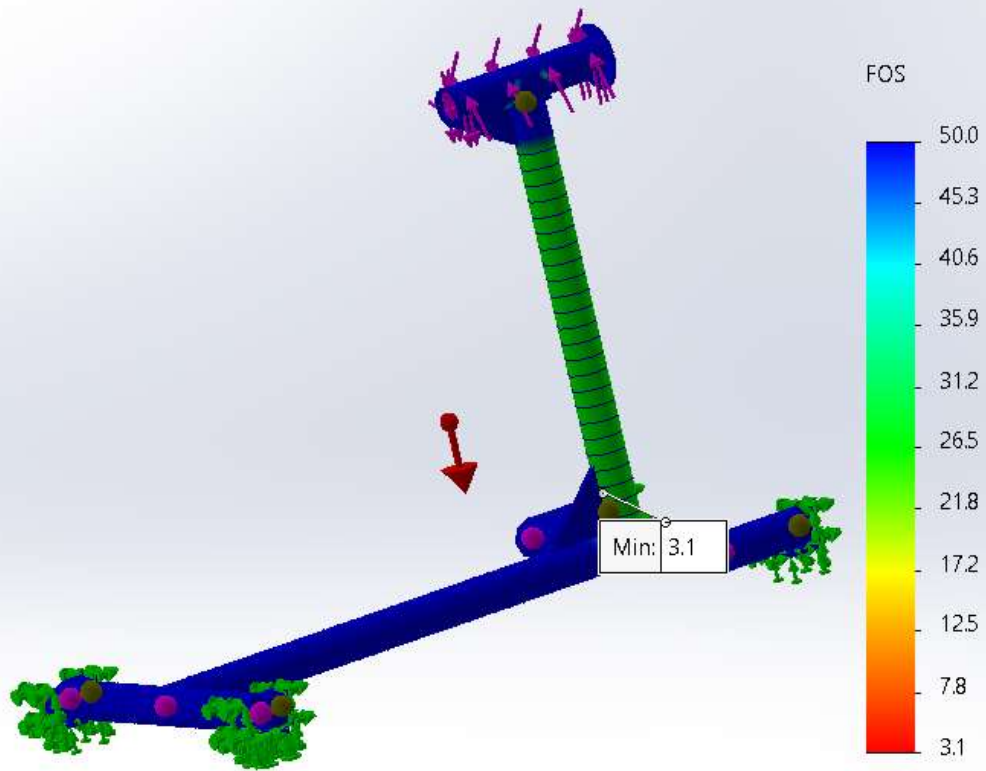


Рисунок 2.16 – Коефіцієнт запасу міцності рами

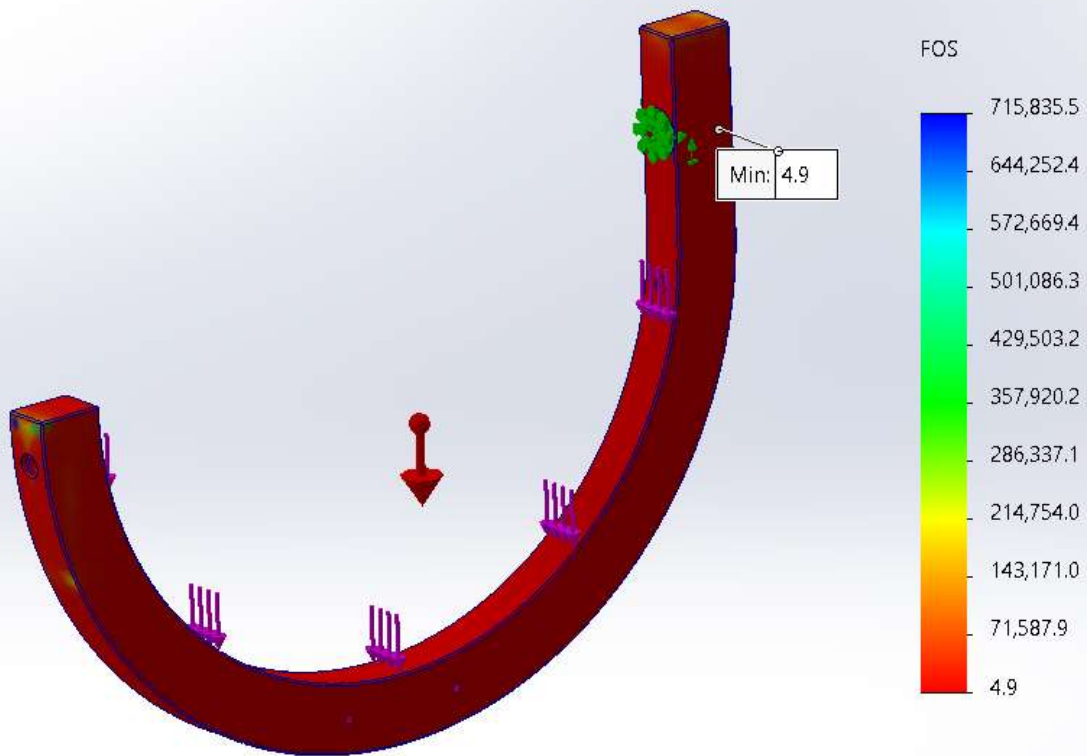


Рисунок 2.17 – Коефіцієнт запасу міцності тримача

Проведений розрахунок підтвердив, що конструкція стенду здатна сприймати задане навантаження без перевищення допустимих меж міцності. Найбільш навантаженою частиною є з'єднання тримача з віссю обертання, тому в разі збільшення вантажопідйомності слід розглянути варіант підсилення цієї ділянки. Конструкція має достатній запас жорсткості, що гарантує стабільну роботу під час монтажу та демонтажу КПП.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Обслуговування і ремонт коробки перемикачів передач пов'язані з впливом низки потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що можуть спричинити травматизм або професійні захворювання. Тому в процесі виконання ремонтних робіт необхідно дотримуватись встановлених вимог з охорони праці. Під час демонтажу, розбирання, діагностики та збирання КПП можливі наступні небезпечні ситуації:

- падіння вузлів і деталей через значну масу (особливо при демонтажі з ТЗ);
- травмування рук при знятті або установці компонентів;
- ураження електричним струмом при роботі з діагностичним обладнанням;
- вплив мастил, розчинників, знежирювачів на шкіру та органи дихання;
- небезпека опіків при роботі з гарячими елементами (при недостатньому охолодженні агрегату після експлуатації);
- підвищений рівень шуму, вібрацій або пилу у ремонтній зоні.

Робоче місце повинно бути просторим, чистим, добре освітленим (не менше 300 лк) і вентиляваним. Поверхня підлоги має бути рівною, сухою, без нафтопродуктів та мастильних матеріалів, які можуть спричинити ковзання. Всі інструменти та пристрої мають зберігатися у визначених місцях, бути справними та сертифікованими. Ремонт КПП доцільно здійснювати за допомогою спеціалізованих монтажних-демонтажних стендів, що мінімізують ручне переміщення важких агрегатів. Під час виконання робіт з КПП працівники зобов'язані користуватись ЗІЗ як то комбінезон або робочий одяг із щільної тканини, захисні рукавички (маслостійкі або протиударні — залежно від операції), захисне взуття з металевим підноском, окуляри або щиток при роботі з болгаркою, знежирювачами чи стисненим повітрям, респіратор при роботі з аерозольними препаратами та очисниками.

										ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
											53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Перед початком роботи стенд повинен бути оглянутий на наявність дефектів та ознак зношення. Заборонено перебувати в зоні навантаження під час підйому або фіксації КПП. Під час монтажу коробки передач слід використовувати механічні фіксатори, які не допускають самовільного обертання або зсуву тримача. Працювати на стенді дозволяється лише працівникам, які пройшли інструктаж і мають відповідну кваліфікацію.

Надання першої домедичної допомоги постраждалим при нещасних випадках у майстерні є критично важливим елементом забезпечення безпеки праці. Знання базових дій у надзвичайних ситуаціях дозволяє зменшити ризик ускладнень та врятувати життя.

Основні принципи надання допомоги:

- Оцінити ситуацію – переконатися у безпеці для себе та постраждалого.
- Викликати швидку медичну допомогу.
- Оцінити стан постраждалого – перевірити свідомість, дихання, пульс.
- Надати допомогу до прибуття лікарів, згідно з характером ушкодження.

Найбільш поширені ситуації та дії:

Механічна травма (забій, перелом, розтяг)

– зафіксувати пошкоджену кінцівку (шина, тверде імпровізоване пристосування);

– при відкритих ранах накласти стерильну пов'язку, зупинити кровотечу.

Порізи та відкриті рани

– обробити краї рани антисептиком (не саму рану);

– накласти стерильну пов'язку або джгут у разі артеріальної кровотечі

(вказати час накладання).

Опіки (теплові, хімічні)

– охолодити уражену ділянку водою не менше 10–15 хвилин;

– при хімічному опіку – зняти забруднений одяг та промити великою

кількістю води;

										Арк.
										54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ					

– не наносити олії, креми або мазі без вказівки лікаря.

Ураження електричним струмом

– негайно вимкнути джерело струму або відокремити постраждалого від нього за допомогою діелектричних предметів;

– перевірити наявність свідомості й дихання;

– при зупинці дихання – провести штучну вентиляцію легень і непрямий масаж серця.

Потрапляння сторонніх тіл в очі або на слизові

– промити великою кількістю чистої води;

– не терти очі, не використовувати підручні засоби для вилучення стороннього тіла.

Наявність аптечки

Кожне робоче місце, де проводиться ремонтна діяльність, повинно бути обладнане стандартною аптечкою першої допомоги, що містить:

- стерильні бинти, марлеві серветки, пластир;
- антисептики (перекис водню, йод, хлоргексидин);
- джгут гумовий кровоспинний;
- ножиці, рукавички, термометр, інструкція з надання допомоги.

Екологічна безпека при обслуговуванні та ремонті КПП

Ремонт та технічне обслуговування коробок перемикання передач (КПП) супроводжується утворенням певних відходів та використанням матеріалів, які можуть негативно впливати на навколишнє природне середовище. Для забезпечення екологічної безпеки необхідно дотримуватись вимог чинного природоохоронного законодавства та впроваджувати раціональні технології поводження з відходами.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Під час обслуговування КПП виникають такі потенційно шкідливі фактори:

Злив відпрацьованого трансмісійного масла – містить важкі метали, продукти зносу та окислення;

Очищення деталей від забруднень – із застосуванням хімічних засобів (знежирювачі, розчинники);

Видалення старих ущільнювачів, прокладок, мастик;

Утворення металевої стружки, зношених підшипників, втулок тощо.

Неналежне поводження з цими відходами може спричинити забруднення ґрунту, водних ресурсів та повітря, що несе ризики як для довкілля, так і для здоров'я людини.

Щоб зменшити негативний вплив ремонту КПП на довкілля, необхідно організувати централізований збір і тимчасове зберігання відпрацьованого мастила у герметичних контейнерах, які відповідають вимогам ДСТУ, передавати використані мастила та небезпечні відходи (розчинники, ганчір'я) ліцензованим підприємствам для утилізації або регенерації, використовувати безпечні мийні засоби, які не містять токсичних або летких органічних сполук, обладнати зону ремонту системами локальної вентиляції для зменшення викидів випарів хімічних речовин, забезпечити герметичність робочої зони, унеможливаючи потрапляння шкідливих речовин у ґрунт чи каналізацію.

На підприємствах, що здійснюють ремонт КПП, доцільно впроваджувати систему екологічного управління відповідно до стандарту ISO 14001. Це дозволяє:

- систематизувати контроль за витратами ресурсів і відходами;
- зменшити витрати на утилізацію;
- підвищити екологічну відповідальність персоналу;
- відповідати сучасним вимогам до сталого розвитку.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту було розроблено конструкцію спеціалізованого стенду для збирання та розбирання механічної коробки передач, адаптованого до виробничих умов ТОВ «Агромоторсервіс». Проект охоплює як теоретичне обґрунтування, так і практичну реалізацію елементів, що забезпечують ефективне та безпечно проведення ремонтних робіт. У технологічному розділі виконано аналіз загальної технології обслуговування, діагностики та ремонту КПП. Розглянуто типові несправності трансмісій та умови їх виявлення. Особливу увагу приділено ролі стендів як інструменту для підвищення точності та зниження трудомісткості діагностичних і монтажних-демонтажних операцій. У конструкційному розділі спроектовано модель стенду з урахуванням умов безпеки, ергономіки та функціональності. Проведено розрахунок на міцність ключових елементів тримача при прикладеному навантаженні. Міцність конструкції підтверджено методом скінченних елементів у середовищі SolidWorks Simulation. Також у роботі розглянуто аспекти охорони праці та екологічної безпеки. Надано рекомендації щодо захисту працівників від травм, впливу хімічних речовин та забезпечення правильного поводження з відходами, що виникають під час ремонту КПП. Результати роботи можуть бути впроваджені на практиці в умовах сервісного центру, що спеціалізується на ремонті трансмісій, або слугувати основою для подальшого вдосконалення технічної бази підприємств автомобільного сервісу.

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ДОДАТКИ

					ДП АІ 25.15.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58