

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

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Бакалавр

Рівень вищої освіти

Організація технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарських  
машин в умовах ТОВ "СМАРТ АГРО-СЕРВІС"

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



Романюк А.А.

Підпис

Прізвище

Керівник від кафедри

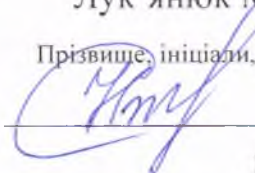
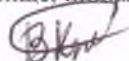
Нормоконтролер

Курской В.С., доц., к.т.н.

Лук'янюк М. В., доц., к.т.н.

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь

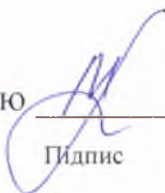
Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь



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

Романюк А.А.

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи *Організація технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарських машин в умовах ТОВ "СМАРТ АГРО-СЕРВІС"*

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 \_\_\_\_\_

Романюк А.А.

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник проєкту (роботи) \_\_\_\_\_ В.С. Курской

Підпис Ініціали, прізвище

## Анотація

Дипломна робота присвячена розробці стенду-кантувача для технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарських машин в умовах ТОВ «СМАРТ АГРО-СЕРВІС». У роботі проаналізовано конструкції сучасних кантувачів та виявлено їхні недоліки, основним з яких є відсутність можливості безпосереднього підйому агрегатів. Запропоновано вдосконалену конструкцію стенду, що поєднує функції повороту, фіксації та підйому вузлів, що дозволяє значно зменшити фізичні навантаження на працівників і підвищити ефективність виконання ремонтних операцій. Проведено аналітичні розрахунки навантажень на основні елементи конструкції, а також виконано моделювання та аналіз напружено-деформованого стану методом скінченних елементів у середовищі SolidWorks Simulation. Отримані результати підтвердили працездатність і надійність стенду. Особлива увага приділена питанням охорони праці та екологічної безпеки, що забезпечує безпечні умови роботи персоналу та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.

Ключові слова: стенд-кантувач, технічне обслуговування, ремонт, підйомний механізм, сільськогосподарські машини, SolidWorks Simulation, безпека праці.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	6
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	17
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА .....	46
ВИСНОВКИ.....	48
ДОДАТКИ.....	49

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Організація технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарських машин в умовах ТОВ "СМАРТ АГРО-СЕРВІС"</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцшів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.А.</i>				4	1	
<i>Перевір.</i>		<i>Кирської В.С.</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>ХНУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лук'янюк М.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Мартинюк А.В.</i>						

## Вступ

Сільське господарство є однією з ключових галузей економіки України, і його ефективне функціонування значною мірою залежить від технічного стану сільськогосподарських машин. У зв'язку з високою інтенсивністю використання техніки в польових умовах, важливе значення має організація своєчасного технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку. ТОВ «СМАРТ АГРО-СЕРВІС» здійснює обслуговування та ремонт широкого спектра сільськогосподарської техніки. У практиці підприємства виникає потреба в постійному вдосконаленні виробничих процесів, зниженні фізичних навантажень на персонал, а також підвищенні безпеки й ефективності виконання ремонтних робіт. Метою дипломного проєкту є розробка конструкції спеціалізованого стенда-кантовача для ремонтної дільниці. Його відмінною особливістю буде не лише здатність надійно фіксувати та обертати вузли й агрегати транспортних засобів, а й наявність вбудованого механізму підйому, який значно полегшить ручну працю та знизить ризики травматизму. Такий підхід дозволить скоротити витрати часу на проведення ремонтних робіт, а також підвищити їх якість. Для запропонованої конструкції необхідно виконати ряд розрахунків для забезпечення необхідної міцності та надійності.

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## Характеристика об'єкту дослідження

ТОВ «СМАРТ АГРО-СЕРВІС» — сучасне сільськогосподарське підприємство, що спеціалізується на технічному обслуговуванні, діагностиці, ремонті та модернізації сільськогосподарської техніки. Підприємство зареєстроване відповідно до чинного законодавства України та здійснює свою діяльність на підставі Статуту. Основною метою діяльності підприємства є забезпечення аграрних господарств якісними послугами з технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку, що дозволяє підтримувати техніку в справному стані та мінімізувати простой під час сільськогосподарських робіт.

ТОВ «СМАРТ АГРО-СЕРВІС» має у своєму розпорядженні спеціалізовані ремонтні майстерні, обладнані підйомно-транспортними механізмами, стендами для діагностики та обслуговування тракторів, комбайнів, сівалок та іншої сільськогосподарської техніки. Також у наявності є пересувні ремонтні бригади, що дозволяють виконувати частину ремонтних операцій безпосередньо в полі.

До складу матеріально-технічної бази входять:

оглядові ями;

домкрати та підйомники;

діагностичне обладнання;

стенди для перевірки паливної апаратури та гідросистем;

зварювальне обладнання;

токарна та фрезерна ділянки.

Підприємство постійно працює над оновленням та модернізацією свого обладнання з метою підвищення продуктивності та зниження витрат на обслуговування техніки. ТОВ «СМАРТ АГРО-СЕРВІС» має чітко сформовану організаційну структуру, яка включає адміністративний апарат, інженерно-

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

технічну службу, ремонтно-механічну службу, службу контролю якості, складське господарство та логістику. Ремонтна дільниця, де проводиться більшість технічних операцій, поділена на окремі зони відповідно до типу виконуваних робіт: двигунний цех, гідравлічний, електротехнічний та загально-механічний. Щороку підприємство обслуговує десятки одиниць техніки різних виробників: John Deere, Case IH, New Holland, МТЗ, КЗС, Fendt, а також вітчизняні та імпорتنі причіпні знаряддя. В обсяги виконуваних робіт входить поточне та капітальне обслуговування, ремонт силових агрегатів, трансмісій, ходових частин, гідросистем і електрообладнання. ТОВ «СМАРТ АГРО-СЕРВІС» активно впроваджує новітні технології обслуговування техніки, цифрову документацію, системи планування ремонтів, а також прагне до автоматизації ручної праці шляхом розробки спеціалізованого обладнання.

#### Технологія монтажу-демонтажу двигунів

Монтаж та демонтаж двигуна внутрішнього згорання є важливою операцією в процесі технічного обслуговування та ремонту транспортної техніки. Вона вимагає дотримання визначеної послідовності дій, застосування відповідного обладнання та забезпечення безпечних умов праці. Перед демонтажем двигуна виконується підготовка – зняття акумуляторної батареї, зливання робочих рідин (масла, охолоджуючої рідини, пального), а також від'єднання усіх з'єднань, що з'єднують двигун з іншими системами: електричними кабелями, шлангами системи охолодження, паливними трубками, випускною системою та елементами трансмісії. У разі потреби знімаються додаткові елементи, які можуть заважати вільному виведенню двигуна із моторного відсіку.

Після цього двигун звільняється від опор, на яких він був закріплений, і закріплюється за допомогою вантажозахоплювального обладнання — зазвичай це ланцюг або текстильний строп, закріплений до спеціальних монтажних

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вушок двигуна. Для виконання підйому застосовують підкатні або стаціонарні крани, а також спеціалізовані стенди-підйомники або кантувачі.

Після зняття двигун транспортують у ремонтну зону, де здійснюється його очищення, розбирання та діагностика. Зворотний процес — монтаж двигуна — здійснюється в аналогічній послідовності, але у зворотному порядку. Перед встановленням перевіряється стан опор, кронштейнів та різьбових з'єднань. Двигун плавно опускається в моторний відсік, встановлюється на штатні опори і фіксується згідно з технічними вимогами. Після цього підключаються всі системи: електропроводка, шланги охолодження, паливна система, вихлопна система, елементи трансмісії. Завершальним етапом є заливка робочих рідин, підключення акумулятора, перевірка герметичності з'єднань, а також пробний запуск двигуна для перевірки його роботи та відсутності витоків.

Стропування двигуна внутрішнього згорання є обов'язковою операцією перед його підйомом або переміщенням за допомогою вантажопідіймального обладнання. Від правильності стропування залежить безпека виконання робіт, збереження технічного стану агрегата та зручність подальших маніпуляцій. Перед виконанням стропування двигун очищується від забруднень у місцях кріплення строп і перевіряється на наявність штатних монтажних вушок або посиленних елементів конструкції, призначених для підйому.

Для стропування зазвичай використовують текстильні або ланцюгові стропи, які не повинні мати пошкоджень, перекручувань або надмірного зносу. Стропи кріплять симетрично відносно центру мас двигуна, щоб уникнути перекосу або раптового провертання агрегата під час підйому. Якщо двигун має вушка для підйому — стропи фіксують безпосередньо до них. У випадках, коли такі елементи відсутні, застосовують спеціальні захвати або підкладки, які не ушкоджують корпус двигуна, але забезпечують надійне утримання. Кут між гілками стропа повинен відповідати допустимим нормам — зазвичай не перевищує 90°, щоб уникнути надмірних навантажень на петлі.

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Під час підйому двигун спочатку підтягується без відриву від опори, щоб перевірити надійність стропування та правильність розподілу навантаження. Лише після цього агрегат повільно підіймається, уникаючи ривків. Заборонено перебування людей під підвішеним вантажем або поблизу траєкторії його переміщення. У процесі переміщення стежать за тим, щоб двигун не гойдався і не торкався конструкцій або обладнання. При опусканні двигун спрямовується руками за допомогою направляючих тросів або спеціальних ручок, але без прямого контакту з корпусом. Застосування правильної технології стропування забезпечує надійну і безпечну фіксацію двигуна під час демонтажу, транспортування або монтажу, а також дозволяє зменшити ризики для персоналу та виключити пошкодження елементів двигуна.

Процес розбирання двигуна внутрішнього згоряння виконується з метою його технічного обслуговування, дефектування або капітального ремонту. Цей процес потребує суворого дотримання послідовності дій, чистоти на робочому місці та уважного ставлення до кожного вузла, оскільки від якості розбирання залежить подальша ремонтпридатність двигуна та точність діагностики його несправностей. Перед початком робіт двигун надійно закріплюється на монтажному стенді, що дозволяє обертати його в зручне положення для доступу до необхідних елементів, а також утримує агрегат стабільно протягом усього процесу.

Спочатку знімаються навісні агрегати — генератор, стартер, насос системи охолодження, повітряні фільтри, система впуску та випуску. Далі демонтуються системи живлення та охолодження, включаючи паливні трубки, форсунки, термостат, шланги та радіатор. Зливання залишків масла та охолоджуючої рідини проводиться на ранньому етапі, щоб уникнути витоків у процесі. Після цього відкриваються головка блока циліндрів і кришка клапанного механізму, знімається розподільний вал, штовхачі, коромисла, клапани та інші елементи газорозподільного механізму.

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

У наступному етапі знімається масляний картер, після чого демонтуються шатунно-поршнева група, колінчастий вал, маховик і головні корінні підшипники. Усі деталі під час демонтажу очищуються, оглядаються на наявність пошкоджень, зносу або деформацій, маркуються та розкладаються у визначеному порядку для подальшої діагностики або ремонту. При цьому особлива увага приділяється збереженню взаємного розташування деталей, наприклад, шатунів і вкладишів, щоб уникнути плутанини при складанні.

Усі операції проводяться із застосуванням справного інструменту, з дотриманням вимог техніки безпеки. Деталі, які мають ознаки серйозного зносу, тріщин або надмірного люфту, фіксуються в акті дефектування. Протягом усього процесу забезпечується чистота — уникнення попадання бруду та пилу до внутрішніх каналів двигуна. Застосування якісного стенду-кантувача значно полегшує розбирання, особливо при роботі з масивними блоками, даючи змогу безпечно фіксувати двигун у необхідному положенні, обертати його та утримувати на зручній висоті.

Дефектування двигуна внутрішнього згорання є ключовим етапом у процесі його технічного обслуговування та ремонту. Метою дефектовки є виявлення зношених, пошкоджених або непридатних до подальшої експлуатації деталей, визначення доцільності їхнього ремонту чи заміни, а також оцінка загального технічного стану агрегата. Дефектування виконується після повного розбирання двигуна, ретельного очищення його елементів від мастила, нагару, бруду та відкладень, які можуть заважати візуальному або інструментальному контролю.

Процедура дефектування починається з зовнішнього огляду всіх демонтованих деталей з метою виявлення тріщин, задирів, вм'ятин, слідів перегріву або корозії. Особлива увага приділяється блоку циліндрів, головці блока, шатунно-поршневій групі, колінчастому і розподільному валам, клапанному механізму та системі змащення. Після первинного огляду виконується вимірювання критичних параметрів з використанням

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

спеціалізованого інструменту — мікрометрів, нутромірів, щупів, індикаторів годинникового типу. Замірюються діаметри циліндрів, зношення шийок валів, зазори у вкладишах, висота буртів, щільність прилягання клапанів тощо.

Кожен параметр порівнюється з допустимими значеннями, вказаними в технічній документації виробника. При перевищенні граничних величин деталь вважається непридатною до подальшого використання та підлягає заміні або відновленню. Окремо перевіряється герметичність головки блока циліндрів, відсутність викривлень площин прилягання, тріщин у перегородках між клапанами та циліндрами. Для виявлення мікротріщин часто використовуються методи неруйнівного контролю, наприклад, магнітопорошкова або капілярна дефектоскопія.

Усі результати вимірювань та виявлені дефекти фіксуються в дефектувальному листі, на підставі якого приймається рішення щодо обсягу ремонтних робіт: шліфування, хонінгування, заміна втулок, розточка циліндрів, заміна вкладишів, направляючих клапанів тощо. У разі значного зносу або деформацій деталі списуються. Деякі елементи, які піддаються регулюванню, повертаються в межі допусків, наприклад, шляхом шліфування клапанів або регулювання зазорів.

Ремонт двигуна внутрішнього згорання охоплює сукупність відновлювальних операцій, спрямованих на усунення зношення та пошкоджень елементів, які були виявлені під час дефектування, та на повне відновлення його працездатності відповідно до заводських характеристик. Ремонт може бути поточним або капітальним, однак у будь-якому випадку виконується низка основних технологічних операцій, що мають визначальне значення для якості подальшої роботи двигуна.

Однією з перших ремонтних дій зазвичай є відновлення блоку циліндрів. Якщо внутрішня поверхня циліндрів має надмірний знос, виконується розточування до ремонтного розміру з наступним хонінгуванням для створення сітки утримання мастила. Після цього підбираються або виготовляються

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

ремонтні поршні відповідного діаметра. Наступною важливою операцією є шліфування шийок колінчастого і розподільного валів до відповідних ремонтних розмірів. Після шліфування виконується перевірка на биття та балансування валів, а також встановлення нових або відновлених вкладишів.

Особливу увагу приділяють ремонту головки блока циліндрів. Відновлюється площина прилягання до блоку (у разі її викривлення проводиться фрезерування або шліфування), замінюються або ремонтуються направляючі втулки клапанів, притираються або шліфуються фаски клапанів та сідел. Після цього перевіряється герметичність камери згоряння. В разі зносу розподільного вала або його підшипників проводиться їх заміна, регулюється тепловий зазор у клапанному механізмі.

Наступний етап — ремонт шатунно-поршневої групи. Поршні перевіряються на овальність і конусність, за потреби замінюються. Поршневі кільця завжди підлягають заміні. Шатуни перевіряються на вигин та перекіс, іноді виконується заміна втулок або прошліфування отворів. Також ремонтується система змащення: перевіряється стан масляного насоса, очищуються або замінюються масляні канали, фільтри й клапани.

Система охолодження проходить очищення, перевірку герметичності, заміну зношених прокладок, патрубків і термостата. За потреби ремонтується або замінюється водяний насос. Елементи кріплення, прокладки, сальники, болти, шайби та ущільнювачі, що мають сліди зносу або деформації, обов'язково замінюються.

Завершенням ремонтних робіт є ретельне очищення усіх вузлів, остаточне складання двигуна, регулювання та перевірка правильності обертання без заїдань і сторонніх шумів. Перед установкою на транспортний засіб двигун проходить обкатку та випробування на спеціалізованому стенді або в умовах холостого ходу. Результатом правильно виконаного ремонту є відновлення всіх експлуатаційних характеристик двигуна та продовження його ресурсу.

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Складання двигуна внутрішнього згоряння є завершальним і надзвичайно відповідальним етапом ремонтного процесу. Від правильності, послідовності й точності виконання цієї операції залежить не лише запуск двигуна, а й тривалість його подальшої експлуатації, відсутність поломок та витоків. Складання виконується після того, як усі деталі очищені, відремонтовані або замінені, перевірені на відповідність допускам і змонтовані на відповідних вузлах. Процес починається з підготовки робочого місця — забезпечується чистота, наявність усіх необхідних інструментів, герметиків, мастил та кріплень. Спочатку встановлюються вкладиші у ліжка корінних опор блоку циліндрів, після чого обережно вкладається колінчастий вал. Усі тертьові поверхні перед монтажем ретельно змащуються спеціальним монтажним мастилом або моторною оливою. Після встановлення кришок корінних опор, вони затягуються моментом, який строго регламентований технічною документацією. Далі виконується перевірка легкості обертання колінчастого валу. Наступним етапом монтується поршнево-шатунна група. Кільця надягаються на поршні з урахуванням правильного орієнтування замків, після чого в зборі з шатунами деталі встановлюються у відповідні циліндри з використанням оправки. Кожен шатун кріпиться до шийки колінчастого валу, і також перевіряється вільність обертання. Після цього встановлюється масляний насос, маслоприймач та піддон картера з новою прокладкою або герметиком. Після завершення роботи з нижньою частиною двигуна переходять до встановлення головки блока циліндрів. Поверхні прилягання ретельно очищаються, перевіряється прокладка ГБЦ, після чого вона фіксується, а болти затягуються згідно з рекомендованою послідовністю і моментом. Потім монтується розподільний вал, штовхачі, коромисла, клапани та інші елементи газорозподільного механізму. Регулюються зазори клапанів і фіксуються всі рухомі елементи. Встановлюється привід ГРМ — ланцюг або ремінь із натягувачами, і перевіряється правильність фаз газорозподілу. Після цього встановлюються навісні агрегати: стартер, генератор, паливний насос, турбіна

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

(якщо є), система запалювання, датчики, шланги охолодження та змащення, впускний і випускний колектори. Прокладки, ущільнювачі та сальники обов'язково замінюються на нові. Всі електричні та паливні з'єднання перевіряються на надійність та відповідність. Завершальним етапом є заливка масла та охолоджувальної рідини, прокручування двигуна без запалювання для перевірки компресії та наявності тиску масла. Якщо всі параметри в межах норми — двигун запускається на короткий пробний прогін. Після запуску перевіряється герметичність, робота всіх систем, відсутність сторонніх шумів і вібрацій. При успішному запуску двигун вважається готовим до експлуатації або подальшої обкатки. Монтаж двигуна внутрішнього згорання є заключним етапом ремонтного процесу, який завершує цикл робіт і повертає агрегат до експлуатації у складі машини. Ця операція потребує особливої точності, дотримання визначеної послідовності дій та застосування вантажопідіймального обладнання. Перед початком монтажу двигун оглядають на предмет повноти складання, відсутності сторонніх предметів, незатягнутих з'єднань або залишків технологічних матеріалів. Усі отвори системи живлення, змащення та охолодження повинні бути закриті або захищені до моменту під'єднання. Спочатку перевіряється справність і готовність опор двигуна, рами та елементів кузова, до яких він кріпиться. Двигун встановлюється на вантажозахоплювальний пристрій — кран або гідравлічний підйомник — із дотриманням правил стропування, щоб забезпечити рівномірний підйом і зручне положення під час монтажу. За допомогою керованого опускання агрегат плавно заводиться в моторний відсік, при цьому важливо уникати ударів по корпусу або контакту з іншими вузлами машини. Монтаж здійснюється у зворотній до демонтажу послідовності. Після встановлення двигун кріпиться до штатних опор, гвинтові з'єднання затягуються з моментами, вказаними в технічній документації. Далі відновлюються всі комунікації: з'єднуються системи охолодження, змащення, живлення, вихлопу, а також проводиться підключення електричних кабелів, датчиків і елементів

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

запалювання. Підключається паливна магістраль, відновлюється герметичність усіх шлангових з'єднань, встановлюється повітряний фільтр, з'єднується коробка передач (якщо вона демонтувалась). Обов'язково виконується перевірка правильності підключень, наявності всіх кріплень, та відсутності перетиснутих або закручених шлангів. Після завершення монтажу заливаються моторне масло та охолоджувальна рідина, проводиться передпускова перевірка — вручну прокручується колінчастий вал, перевіряється компресія та відсутність сторонніх шумів. Якщо всі системи працюють штатно, виконується пробний запуск двигуна. На першому пуску контролюється тиск масла, температура, робота всіх датчиків, герметичність з'єднань. У разі відсутності зауважень — двигун вважається змонтованим і готовим до подальшої обкатки або експлуатації.

Обкатка двигуна внутрішнього згорання — це важливий завершальний етап після його ремонту або капітального відновлення, метою якого є забезпечення правильного притирання деталей, стабілізація температурного і тискового режимів, а також первинна оцінка працездатності вузлів у штатних умовах. У процесі обкатки нові або відремонтовані поверхні тертя поступово адаптуються до навантажень, формуючи стабільний контакт, що дозволяє уникнути передчасного зносу та продовжити ресурс двигуна. Перед початком обкатки перевіряється рівень усіх робочих рідин, герметичність систем охолодження, змащення та живлення. При першому пуску двигун запускається на холостому ході, без різких навантажень. Упродовж перших хвилин його роботи контролюються тиск масла, температура охолоджувальної рідини, відсутність сторонніх звуків, димлення та витоків. Якщо не виявлено жодних відхилень, двигун поступово вводиться в режим обкатки відповідно до рекомендованої програми.

Обкатка зазвичай виконується в декілька етапів. Спочатку — на малих обертах (до 1200–1500 об/хв) без навантаження протягом 20–30 хвилин, з поступовим нарощуванням тривалості до 1 години. Потім дозволяється

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						15
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

короткочасне підвищення обертів і часткове навантаження. У разі стендової обкатки використовується динамометричне обладнання, що дозволяє точно регулювати навантаження та фіксувати параметри роботи двигуна. Якщо обкатка здійснюється на машині — вона проходить у щадному режимі: без різких прискорень, з обмеженням швидкості, уникненням перевантажень. Загальна тривалість обкатки залежить від типу двигуна та обсягу ремонтних робіт, але зазвичай становить від 2 до 10 годин сумарної роботи. Протягом усього періоду ведеться спостереження за витратою масла, поведінкою температурних режимів, рівнем шуму та роботою всіх систем. Після завершення обкатки виконуються контрольні заміри компресії, перевірка тиску масла, аналіз витрат палива, а також зливається відпрацьоване масло з подальшою його заміною разом із фільтром. Це дозволяє видалити продукти початкового зносу та частки абразиву, які могли залишитися після ремонту.

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Стенди-кантовачі широко використовуються в ремонтних майстернях для виконання робіт із демонтажу, обслуговування та ремонту двигунів, коробок передач та інших агрегатів. Вони забезпечують фіксацію агрегату в горизонтальному положенні, з можливістю обертання навколо осі, що значно полегшує доступ до різних сторін вузла та підвищує зручність виконання робіт.

Типові характеристики таких стендів включають:

- ручне керування обертанням платформи;
- максимальне навантаження 450–1000 кг;
- відсутність активних систем підйому чи зміни висоти;
- привід фіксації за допомогою ручного гальмового механізму або стопорного пальця.

Попри свою функціональність, такі стенди мають ряд обмежень, які істотно впливають на продуктивність праці, рівень безпеки та ергономіку на робочому місці. Проте, відсутність механізму підйому або регулювання висоти є суттєвим недоліком, оскільки робітники змушені працювати у вимушених позах, що знижує комфорт і збільшує ризик захворювань опорно-рухового апарату. Обертання великих агрегатів потребує значних фізичних зусиль, що створює небезпеку раптового повертання або втрати контролю. Також, проблемою є відсутність активних систем гальмування або автоматичного фіксатора положення при великій масі агрегатів.

Патентний пошук

Стенд для збирання та розбирання автомобільних двигунів А.С. 770883

Винахід відноситься до галузі обслуговування та ремонту транспортних засобів, а саме до стендів для збирання та розбирання автомобільних двигунів. Відомий стенд для складання та розбирання автомобільних двигунів, що

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

містить дві стійки з траверсами, змонтованими з можливістю повороту щодо осі, паралельної основи, причому одна зі стійок нерухомо закріплена на підставі, а інша встановлена з можливістю поступального переміщення в напрямних, паралельних осі повороту траверс, при цьому траверс. Однак цей стенд недостатньо ефективний в експлуатації. Метою винаходу є підвищення ефективності в експлуатації. Мета досягається тим, що в пропонованому стенді кожна опора містить трубчастої форми середню і дві циліндричної форми крайні секції, співвісно розташовані один щодо одного, при цьому крайні секції встановлені з можливістю переміщення всередині середньої секції і виконані сполучними з нею, а їх вільні кінці забезпечені перпендикулярно розташованими отворами на автомобільному двигуні, причому середня трубчастої форми секція нерухомо закріплена на траверсі і забезпечена повідками і пружними фіксаторами, а кожна крайня трубчастої форми секція опори виконана з копірними пазами і отворами, при цьому копірні пази виконані спряженими підпружиненими фіксаторами.

При цьому кінець кожної крайньої трубчастої форми секції опори забезпечений жорстко закріпленою на ньому втулкою і додатковим повідком встановлений штирі.

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



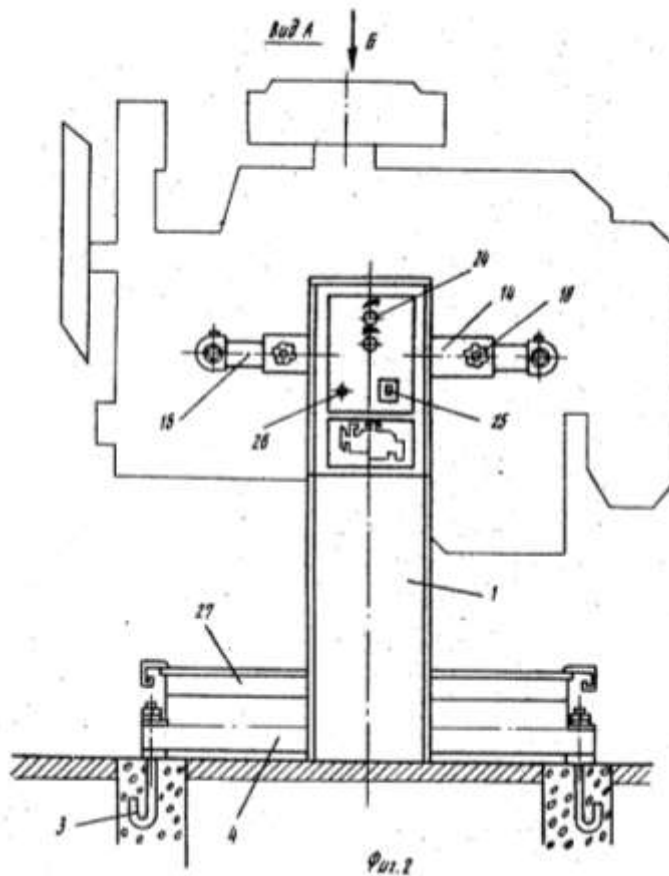


Рисунок 1.2 – Вид А стенду

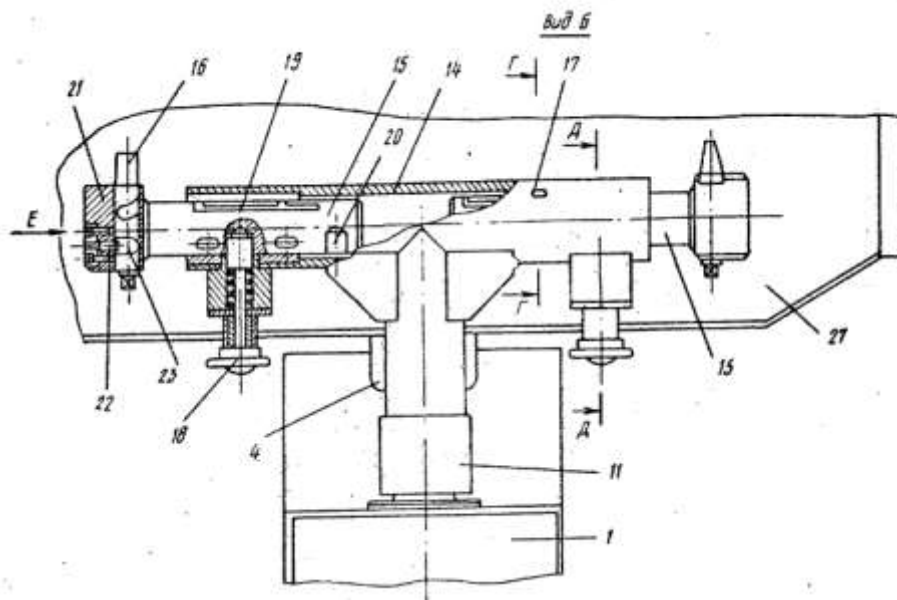


Рисунок 1.3 – вид за стрілкою Б рисунку 1.2

						ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20





має трубу 5, що переміщається в напрямних, виконаних у вигляді хрестовини 4. У стійці 1 змонтований привід 6 повороту, наприклад, електромеханічний, що складається з електродвигуна 7, двоступінчастого черв'ячного редуктора 8. Передача крутного моменту від електродвигуна 7 до редуктора 8 здійснюється за допомогою клинопасової передачі 9. У верхній частині пересувної стійки змонтована підшипникова опора 10, на вихідному валу редуктора 8 на валу підшипникової опори 10 змонтовані траверси 11 з можливістю повороту виконані паралельними осі повороту траверс.

Опора для автомобільного двигуна 12 або 13 містить середню секцію 14 трубчастої форми, крайні секції 15 трубчастої форми, співвісно розташовані один щодо одного, при цьому крайні секції 15 встановлені з можливістю переміщення всередині середньої секції 14 і виконані сполучаються з нею, а їх вільні кінці 16, що сполучаються з кріпильними отворами на автомобільному двигуні 12 або 13. Середня секція 14 нерухомо закріплена на траверсі 11 і забезпечена повідками 17 і підпружиненими фіксаторами 18. Кожна крайня секція 15 10 виконана з копірними паз 1. сполучаються з повідками 17, а отвори 20 сполучаються з підпружиненими фіксаторами 18. На крайній секції 15 жорстко закріплена втулка 21 з додатковим повідцем 22. Середня частина штиря 16 виконана з копірним пазом 23, утворює якого виконана по гвинтовій лінії, а внутрішня поверхня втулки 1 додатковий повідець 22 пов'язаний з копірним пазом штиря 16. Один кінець штиря 16 виконаний у вигляді усіченого конуса з метою полегшення попадання в отвори кріплення автомобільного двигуна, а інший - чотиригранним під ключ. Управління електромеханічним приводом здійснюється від кнопок 24, розташованих на обох стійках 1 і 2, проводка до кнопок керування стійками здійснюється гнучким кабелем. Вмикання стенду в мережу здійснюється автоматичним вимикачем 25, про що сигналізує лампочка 26. На підставі стенду встановлюється піддон 27 для зливу відпрацьованого масла. Перед установкою двигуна 12 або 13 проводиться налаштування стенду на відповідний типорозмір. Для цього стійка 2

						<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
							23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

переміщається у відповідне положення та фіксується. Обертанням штирів за чотиригранний кінець вона забирається в опори, виштовхнувши пружні фіксатори 18 з отвору 20 в опорах переміщують крайні секції 15 в положення, необхідне для встановлення двигуна 12 або 13. При необхідності повороту опор на інший кут від кріплення кріплення упору всуваються або висуваються, при цьому повідці 17 та копірні пази 19 задають переміщення опор по куту і обмежують переміщення по довжині.

При досягненні копірними пазами 19 крайніх положень, що визначаються повідками 17, пружні фіксатори 18 розташовуються навпроти отвору 20 і під дією пружин западають в отвори в опорах. Опори зафіксовані.

Вантажопідйомним пристроєм автомобільний двигун 12 або 13 встановлюється на опори та обертанням штиря - 16 за чотиригранний кінець закріплюється на стенді. Автоматичним вимикачем 25 проводиться включення стенда електричну мережу. При цьому загоряється сигнальна лампочка 26. Натисканням на відповідну кнопку 24 здійснюється поворот автомобільного двигуна 12 або 13, що обслуговується, в положення, найбільш зручне для проведення складально-розбірних робіт.

#### Формула винаходу

1. Стенд для складання і розбирання автомобільних двигунів, що містить дві стійки з траверсами, змонтованими з можливістю повороту відносно осі, паралельної основи підвищення ефективності в експлуатації, кожна опора містить трубчастої форми середню і дві циліндричної форми крайні секції, співвісно розташовані один щодо одного, при цьому крайні секції встановлені з можливістю переміщення всередині середньої секції і виконані сполучними з нею, а їх вільні кінці забезпечені перпендикулярно розташованими відносно них штир двигуні, причому середня трубчастої форми секція нерухомо закріплена на траверсі і забезпечена ланцюжками і підпружиненими фіксаторами, а кожна крайня трубчастої форми секція опори виконана з

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

копірними пазами і отворами, при цьому копірні пази виконані спряженими з поводками-фіксаторами.

### 327992 Стенд для розбирання-збирання двигунів внутрішнього згорання

Винахід відноситься до галузі двигунобудування і стосується технологічних пристроїв. Відомі стенди для розбирання-складання двигунів внутрішнього згорання, що містять поворотну раму для установки двигуна і силову опору. Однак використовувати такий стенд можна лише на рівних майданчиках. У запропонованому стенді силова опора виконана роз'ємною у вигляді окремих стійок, зчленованих з поворотною рамою. Це дозволяє активно використовувати стенд у польових умовах. На рисунку 1.1 зображено запропонований стенд, вид збоку; на рисунку 1.2 - вид за стрілкою А на рисунку 1.1; на рисунку 1.3 - приклад зчленування поворотної рами зі стійками (вид за стрілкою Б). Стенд (див. малюнок 1.1 і 1.2) являє собою окремі стійки 1 і 2 з фланцями 3 і центральними шипами 4 (див. малюнок 1.3), на які насаджена за допомогою отворів у фланцях 5 і 6 рама 7.

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

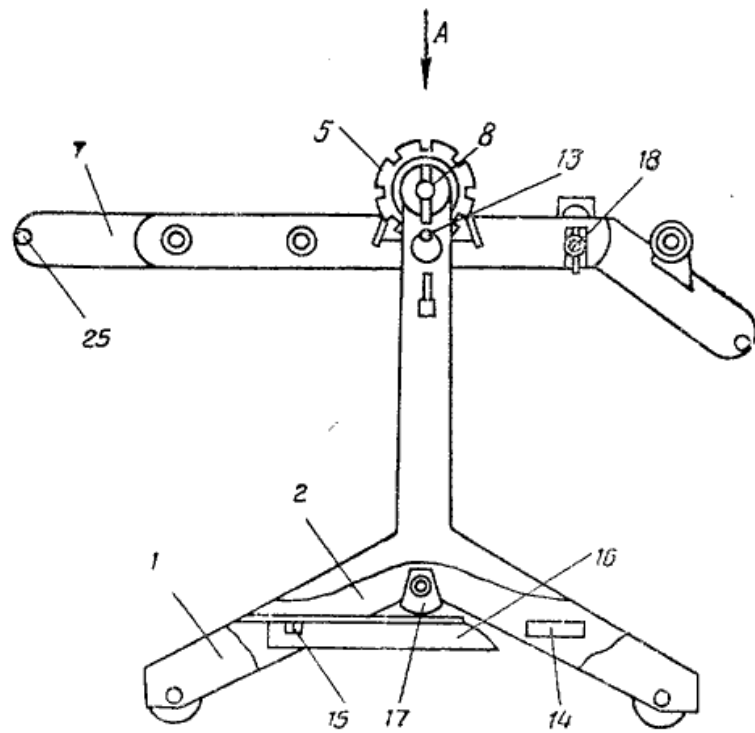


Рисунок 1.1 – запропонований стенд, вид збоку

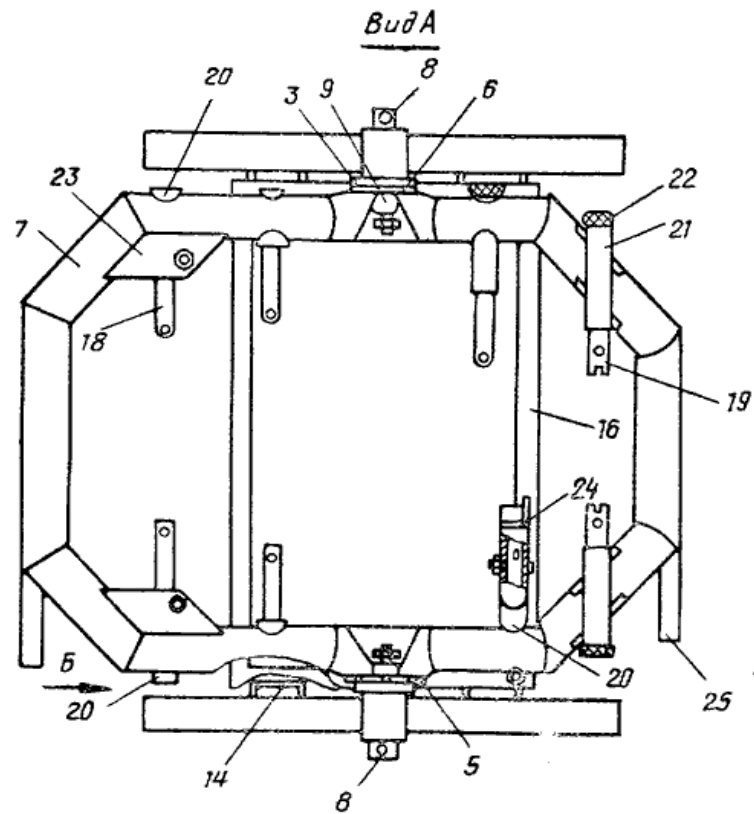


Рисунок 1.2 – вид за стрілкою А на рисунку 1.1

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



мають отвори для болтів кріплення двигунів або проміжних деталей типу додаткового кронштейна 24 і для кріплення в цьому випадку самого циліндричного стрижня. Для повороту рами служать ручки 25. Для встановлення стенда на нерівному майданчику послаблюють затискання гвинта стійки 2, що не має фіксатора. Зазори між зачепами 15 піддону та короткими сторонами скоб 14 стійок повинні забезпечувати достатнє відхилення стійок один від одного для пристосування всіх чотирьох точок опори стенда до нерівностей польового майданчика та розподілу ваги стенда на всі ці точки. Знімні кронштейни встановлюють ті гнізда, які відповідають опорам двигуна, що встановлюється в даний момент на стенд. Після встановлення та закріплення двигуна на стенді затискають гвинти 8. Перед поворотом рами послаблюють затягування цих гвинтів, а після повороту та фіксації фіксатором затягують їх.

#### Предмет винаходу

Стенд для розбирання-складання двигунів внутрішнього згоряння, переважно транспортних, що містить поворотну раму для установки двигуна і силову опору, що відрізняється тим, що, з метою оперативного використання стенда в польових умовах, силова опора виконана роз'ємною, у вигляді окремих стійок, зчленованих з поворотною рамою

US 4,508,233 A – Compact Heavy Duty Lifting Crane

#### Конструювання стенду

Проектування спеціалізованого стенду-кранувача є важливим етапом створення ремонтного обладнання, призначеного для безпечного, зручного та ефективного обслуговування агрегатів сільськогосподарських машин, зокрема двигунів внутрішнього згоряння. Основною метою конструювання є забезпечення надійної фіксації вузлів у процесі ремонту, можливості їх

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

обертання в горизонтальній площині та, на відміну від традиційних конструкцій, реалізація додаткової функції підйому, що зменшує фізичне навантаження на працівників і підвищує ергономіку робочого процесу.

При створенні конструкції враховувалися габаритні та масові характеристики агрегатів, що ремонтуються, особливості їх кріплення та розташування центрів маси. В основі стану — міцна зварна рама з профільної труби, яка сприймає всі основні навантаження та забезпечує стійкість під час обертання важкого вузла. На рамі встановлені дві опорні стійки з поворотними вузлами, у яких монтується вал із фланцями або захватами для кріплення агрегату.

Особливістю конструкції є наявність гвинтового або гідравлічного підйомного механізму, вмонтованого в основу або одну з опор. Цей механізм дозволяє регулювати висоту розташування вузла, полегшуючи його установку або зняття, а також дає змогу адаптувати висоту розташування до зросту оператора. Для забезпечення плавного обертання та фіксації обертальної частини передбачено редуктор або ручну шестерню з храповим механізмом. Це дозволяє не тільки обертати агрегат із зусиллям, що відповідає допустимим для однієї особи, а й фіксувати його в будь-якому положенні для виконання ремонтних робіт. Кріпильні елементи передбачають можливість регулювання по ширині й висоті, що робить станд універсальним — сумісним з різними типами двигунів і агрегатів. Також конструкція враховує вимоги безпеки: гострі кути заокруглені, поверхні фарбуються стійким антикорозійним покриттям, а робочі частини закриваються кожухами, якщо того вимагають умови експлуатації. Передбачена можливість транспортування стану — шляхом встановлення роликів із фіксаторами або оснащенням для навантаження на платформу.

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## Конструктивний розрахунок

Під час розробки та впровадження ремонтного обладнання, зокрема пристроїв для підйому й фіксації вузлів транспортних засобів, надзвичайно важливим є питання забезпечення їхньої надійності, безпеки та ефективності в експлуатації. Одним з основних типів подібного обладнання є підйомно-поворотні пристрої, які використовуються для монтажу, демонтажу, обслуговування та ремонту масивних агрегатів, таких як двигуни, коробки передач, мости тощо. У зв'язку з цим актуальність проведення точного розрахунку конструктивних елементів кантувача та підйомника не викликає сумнівів. Недостатня міцність, нестійкість або перевантаження навіть одного з елементів конструкції може призвести до поломки обладнання, падіння агрегату та, як наслідок, серйозного травмування персоналу або пошкодження техніки. Особливо це стосується пристроїв, які працюють зі змінними навантаженнями або допускають обертання важких вузлів у просторі, де виникають складні моменти, перекося, зсуви та інші небезпечні механічні впливи. Актуальність розрахунку також зумовлена прагненням до оптимізації масогабаритних показників конструкції — надмірне перевищення товщини матеріалів або посилення рам призводить до необґрунтованого збільшення ваги, ускладнення транспортування, зниження мобільності й подорожчання виробу. Навпаки, точний розрахунок дозволяє знайти баланс між міцністю, стійкістю й економічністю конструкції. Це особливо важливо в умовах серійного або дрібносерійного виготовлення ремонтного обладнання. Крім того, сучасні вимоги з охорони праці та безпеки зобов'язують конструкторів дотримуватись нормативів навантаження, коефіцієнтів запасу, стандартів на випробування та сертифікацію підйомних пристроїв. Відсутність обґрунтованих розрахунків унеможливило б легальне впровадження таких пристроїв у виробничий процес.

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок конструктивних елементів дозволяє визначити допустимі навантаження, виявити найбільш навантажені ділянки, підібрати раціональний профіль та матеріал, перевірити вузли на міцність, жорсткість та стійкість до втоми. Крім того, за допомогою моделювання (наприклад, методами скінченних елементів) можливо візуалізувати напруження в елементах і виявити слабкі зони ще на етапі проєктування, що значно підвищує надійність кінцевої конструкції.

#### Розрахунок балки піднімача під навантаженням

Для запропонованої конструкції виконується перевірка на міцність під навантаженням ваги двигуна. В якості прототипу прийнято двигун типу д-240 вага якого 430кг. Приймаємо 500кг з урахуванням навісного обладнання.

Зовнішній розмір труби:

$$b=60 \text{ мм}$$

Товщина стінки:

$$t=6 \text{ мм}$$

Довжина труби:

$$L=1000 \text{ мм}$$

Навантаження на кінці:

$$F=500 \text{ кг}=4905 \text{ Н}$$

Матеріал: сталь 45, для якої  $[\sigma]=260 \text{ МПа}$  (допустиме напруження, з урахуванням запасу)

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Момент інерції прямокутної (квадратної) труби:

$$I = \frac{b^4 - (b - 2t)^4}{12}$$

$$I = \frac{60^4 - (60 - 2 \cdot 6)^4}{12} = \frac{60^4 - 48^4}{12}$$

$$I = \frac{12960000 - 5308416}{12} = \frac{7651584}{12} \approx 637632 \text{ мм}^4$$

Максимальний згинальний момент:

$$M = F \cdot L = 4905 \cdot 1000 = 4\,905\,000 \text{ Н/м}$$

Відстань від нейтральної осі до крайньої точки (y):

$$y = \frac{h}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ мм}$$

Напруження згину:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{4\,905\,000 \cdot 30}{637632} \approx 230.7 \text{ МПа}$$

Перевірка міцності:

$$\sigma = 230.7 \text{ МПа} < [\sigma] = 260 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Розрахунок черв'ячного редуктора

Вихідні дані, необхідні для розрахунку черв'ячного редуктора.

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Крутний момент на колесі:

$$T_2 = m \cdot r_1$$

де  $m$  - Вага двигуна, Прийнято 5000 Н;

$r_1$  - плече барабану, 0,12 м;

$$T_2 = 5000 \cdot 0,12 = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо вхідний крутний момент на черв'яку:

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

де  $F_{\text{доп}}$  - допустиме зусилля, що розвивається рукою робітника, 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;

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

Орієнтовне значення швидкості ковзання

Швидкість ковзання

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

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 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

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

Вибір коефіцієнта діаметра та числа заходів черв'яка.

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

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 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  $K_H = 1,6$

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

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

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

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

Вибір стандартної передачі

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

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

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

прийнято  $b_2 = 75$  мм

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Кут підйому гвинтової лінії

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

Уточнення коефіцієнта навантаження.

Коефіцієнт навантаження  $K_H = K_\beta K_V$

де  $K_\beta$  – 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  $K_V = 1,25$

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

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перевірка контактних напружень

Контактні напруження, МПа

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

Розрахунок зусиль в тяговому органі

ККД передачі:

-трос + барабан  $\approx 0.85$

-черв'ячний редуктор  $\approx 0.7$

Загальний ККД:

$$\eta = 0.85 \cdot 0.7 \approx 0.6$$

Радіус барабана:

$$r = \frac{120}{2} = 60 \text{ мм} = 0.06 \text{ м}$$

Передаточне відношення редуктора  $i=32$ .

Довжина ручки  $R=0,3 \text{ м}$ .

Зусилля в тязі (трос)

$$T = \frac{F}{\eta} = \frac{4905}{0.6} \approx 8175 \text{ Н}$$

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Момент на барабані

$$M_b = T \cdot r = 8175 \cdot 0.06 \approx 490.5 \text{ Н/м}$$

Момент на вхідному валу редуктора

$$M_{in} = \frac{M_b}{i} = \frac{490.5}{32} \approx 15.3 \text{ Н/м}$$

Зусилля на ручці

$$F_{руч} = \frac{M_{in}}{R} = \frac{15.3}{0.3} \approx 51 \text{ Н}$$

Моделювання та аналіз запропонованої конструкції

Для перевірки працездатності та надійності конструктивних елементів стенду-кантувача було проведено розрахунок напружено-деформованого стану методом скінченних елементів (МСЕ) з використанням програмного забезпечення *SolidWorks Simulation*. Аналіз виконувався для двох основних вузлів – консольної балки та консолі кантувача, які сприймають основні навантаження від маси двигуна під час монтажу та обслуговування.

Для розрахунку було змодельовано консольну балку у вигляді профільної труби перерізом 60×60×6 мм. Навантаження прикладалось на вільному кінці у вигляді сили, що відповідає вазі двигуна внутрішнього згорання масою 500 кг ( $F \approx 4905 \text{ Н}$ ). Аналогічно було побудовано модель консолі кантувача, на яку передавалося зусилля через тяговий орган у процесі підйому та повороту вузлів. Розрахунок виконано за стандартною методикою МСЕ:

- **геометрична модель** побудована в середовищі *SolidWorks*;

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- **матеріал** обрано сталь 45 з такими характеристиками:
- модуль пружності  $E = 2.1 \cdot 10^5$  МПа,
- коефіцієнт Пуассона  $\nu = 0.3$ ,
- границя текучості  $\sigma < 355$  МПа;
- **тип сітки** – твердотільні скінченні елементи (Solid mesh), розмір елемента 5 мм;
- **граничні умови:** закріплення одного кінця балки (жорстке заземлення), на іншому кінці – прикладення сили;
- для консолі кантувача навантаження моделювалось як зусилля від ваги вантажу через трос, що прикладене до вузла з'єднання.

За результатами аналізу отримано:

- максимальні еквівалентні напруження за Мізесом виникають у зоні заземлення балки та сягають значення близько **160–170 МПа**, що менше за границю текучості сталі 45, отже, елемент працює в межах пружної деформації;
- максимальні прогини на кінці балки становлять близько **4–5 мм**, що відповідає допустимим значенням для конструкцій такого типу;
- у консолі кантувача спостерігається нерівномірний розподіл напружень, максимальні значення зосереджені в зоні кріплення до рами та в місцях переходів перерізу, що вимагає посилення конструкції або використання ребер жорсткості.

Проведений аналіз методом скінченних елементів підтвердив працездатність обраних елементів конструкції стенду-кантувача. Консольна балка та консоль кантувача витримують дію навантаження від двигуна масою до 500 кг з достатнім запасом міцності. Разом з тим, для підвищення довговічності доцільно передбачити локальне підсилення в зоні кріплення консолі до рами. Використання програмного забезпечення *SolidWorks Simulation* дозволяє отримати достовірну картину напружено-

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деформованого стану та мінімізувати ризики руйнування на стадії експлуатації. Візуалізацію обрахунків наведено на рисунках 2.1-2.8.

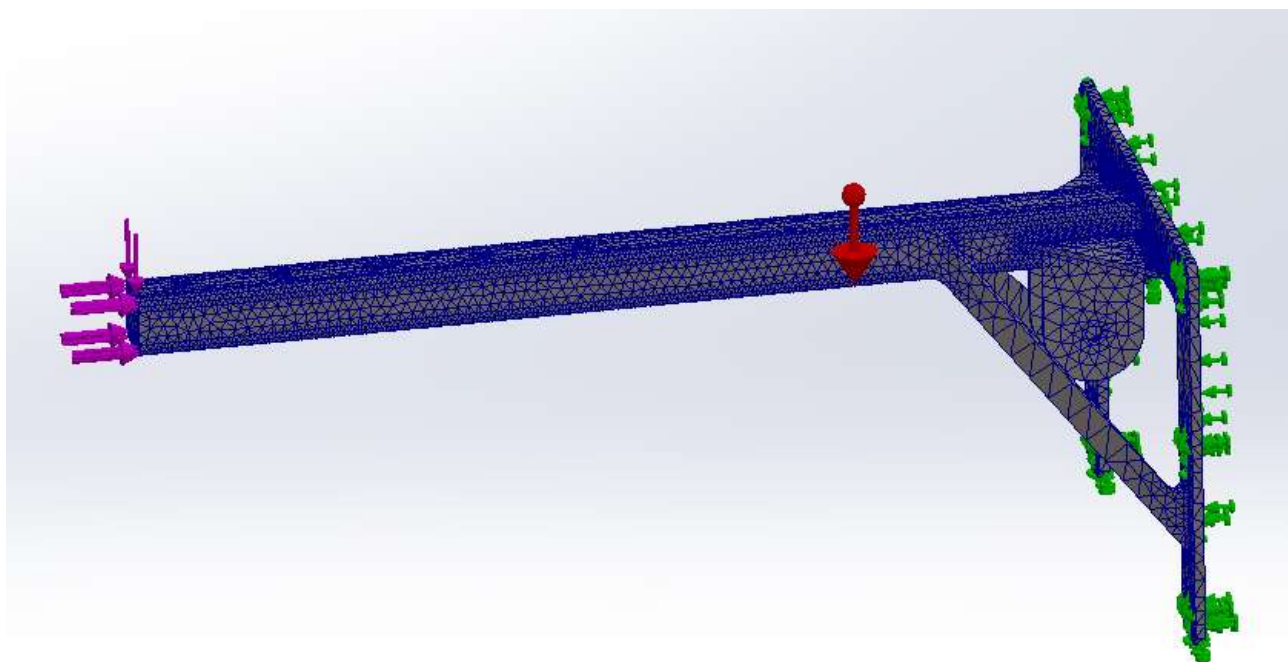
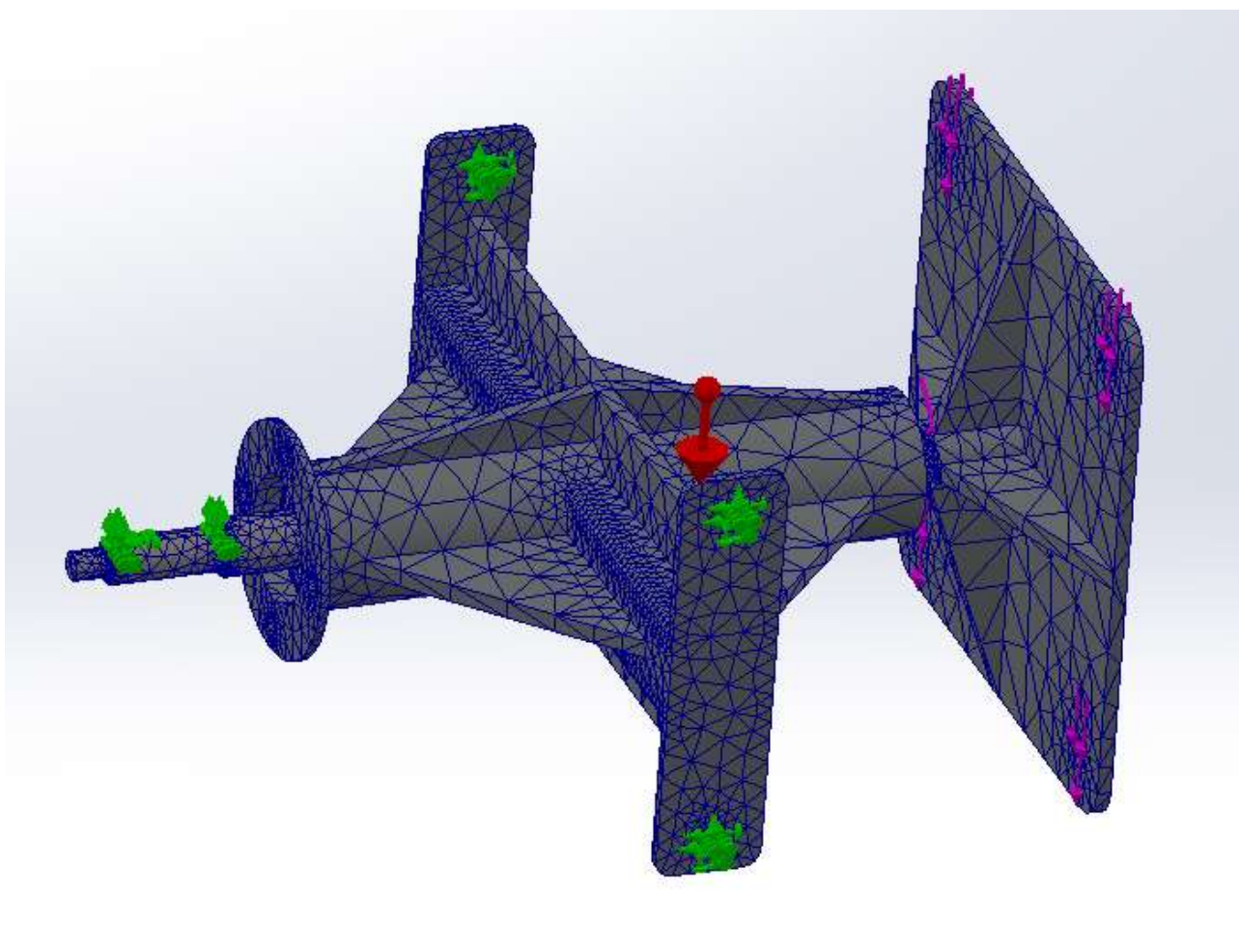


Рисунок 2.1 – Модель балки з сіткою скінченних елементів



					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Рисунок 2.2 – Модель кантувача з сіткою скінченних елементів

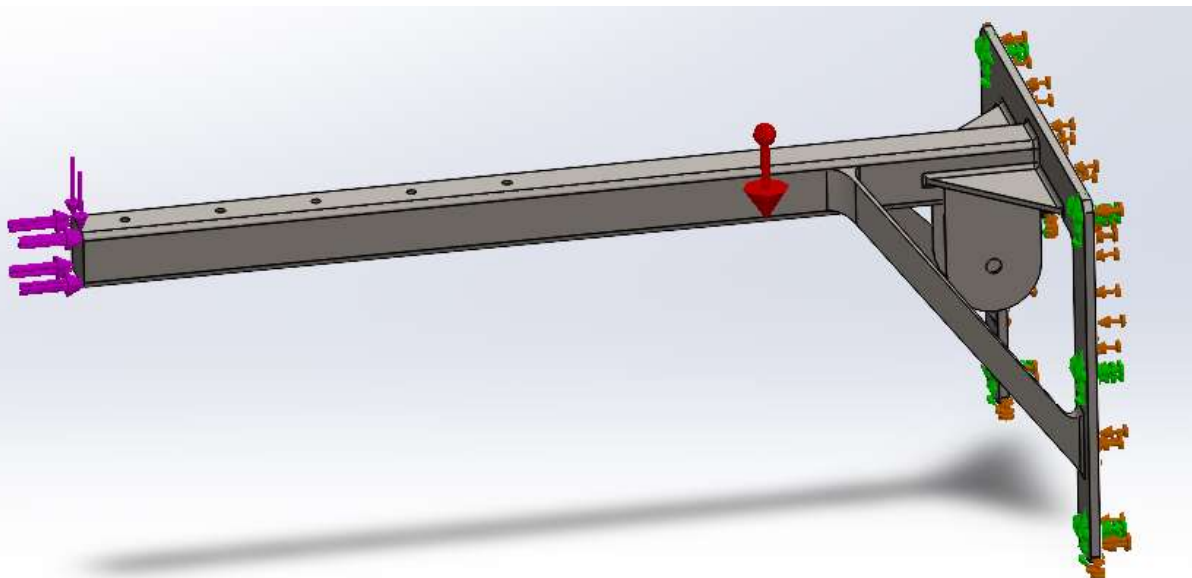
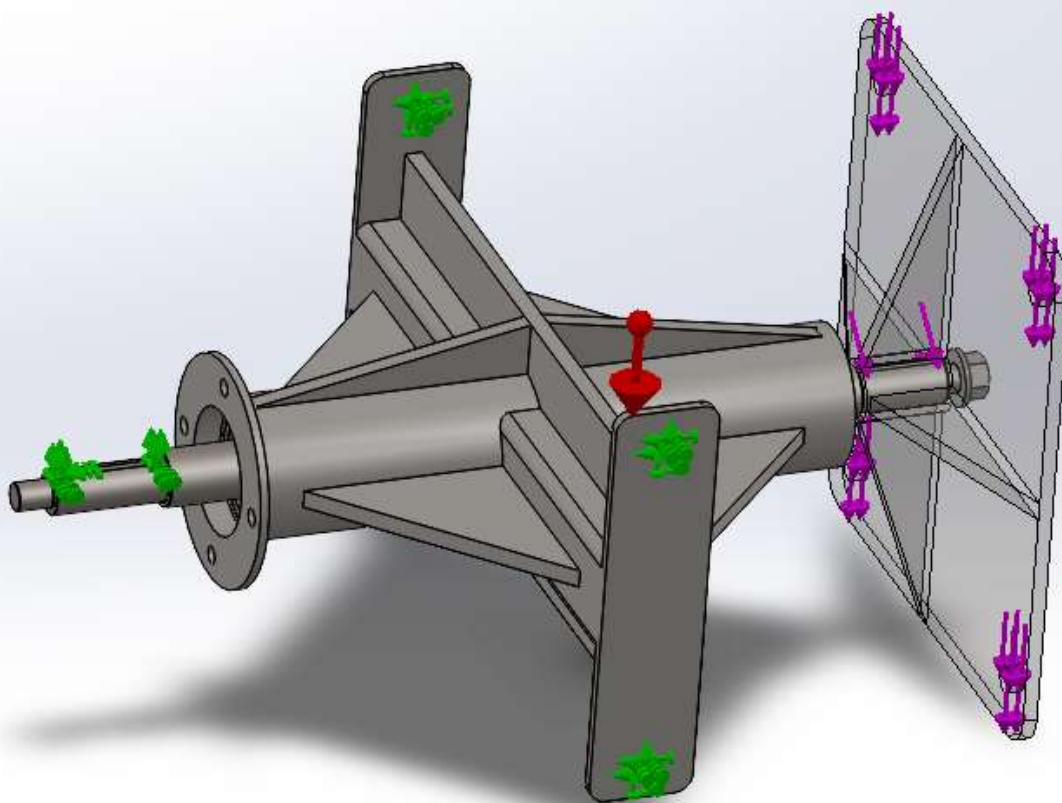


Рисунок 2.3 – Схема навантажень конструкції балки



					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Рисунок 2.4 – Схема навантажень кантувача

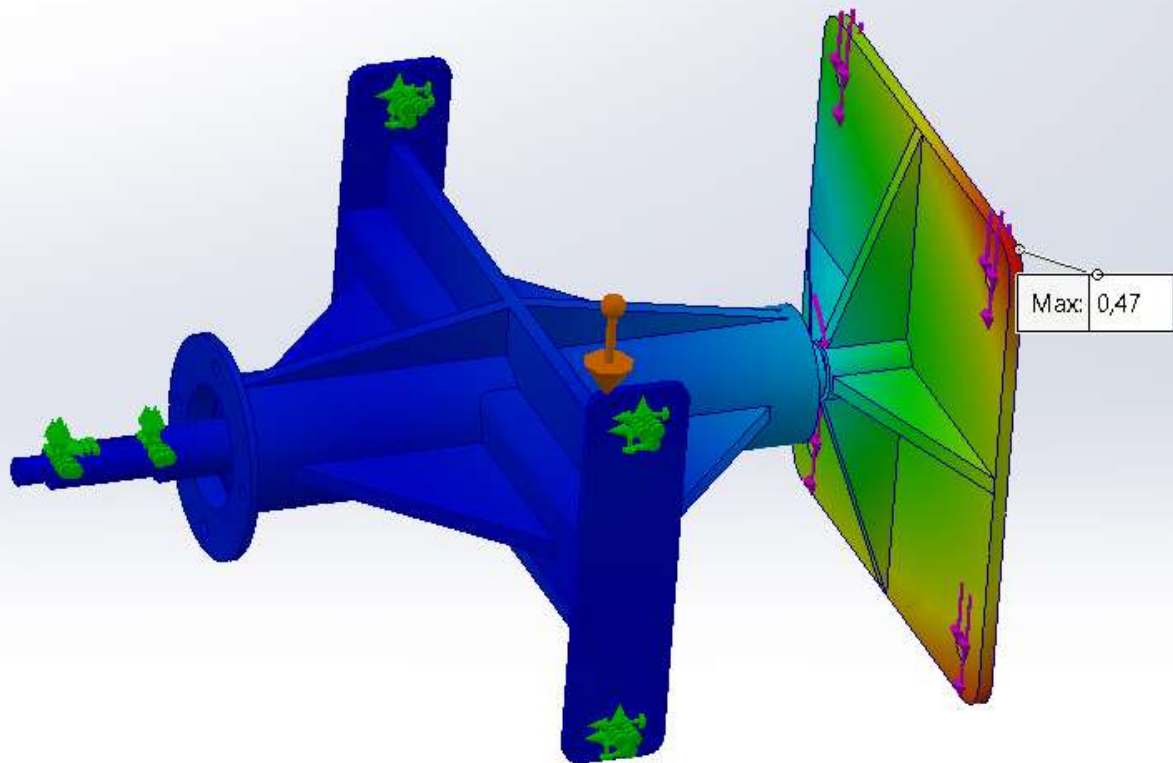


Рисунок 2.5 – Деформація кантувача

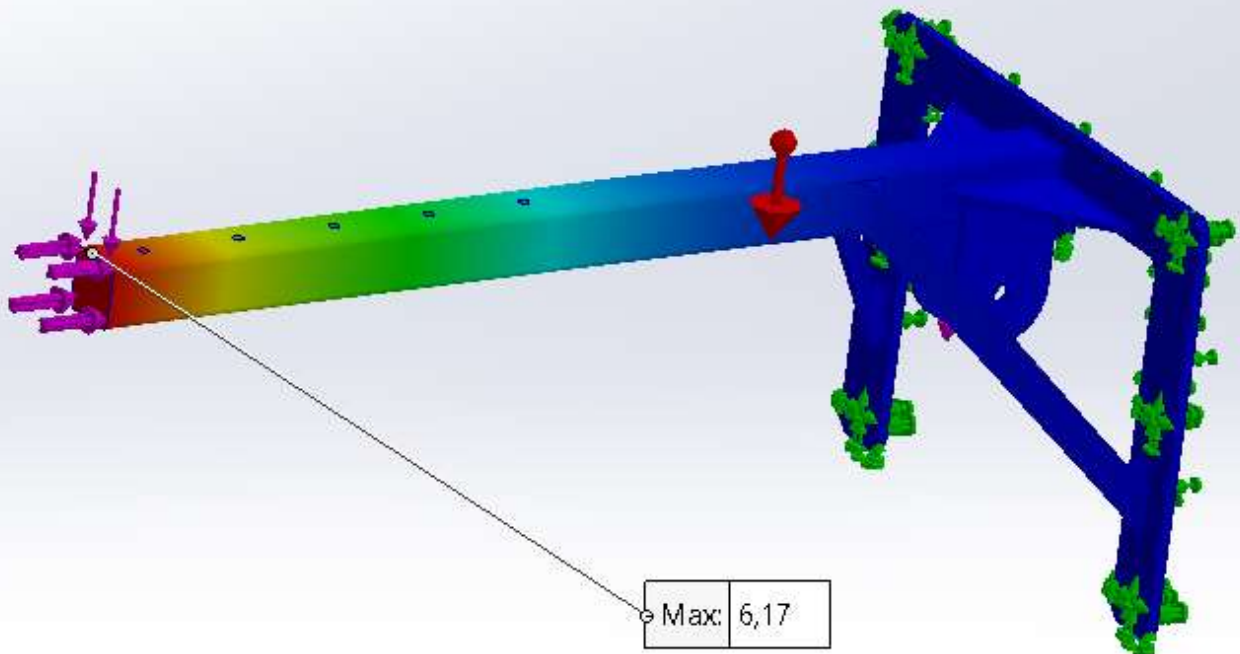


Рисунок 2.6 – Деформація балки

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

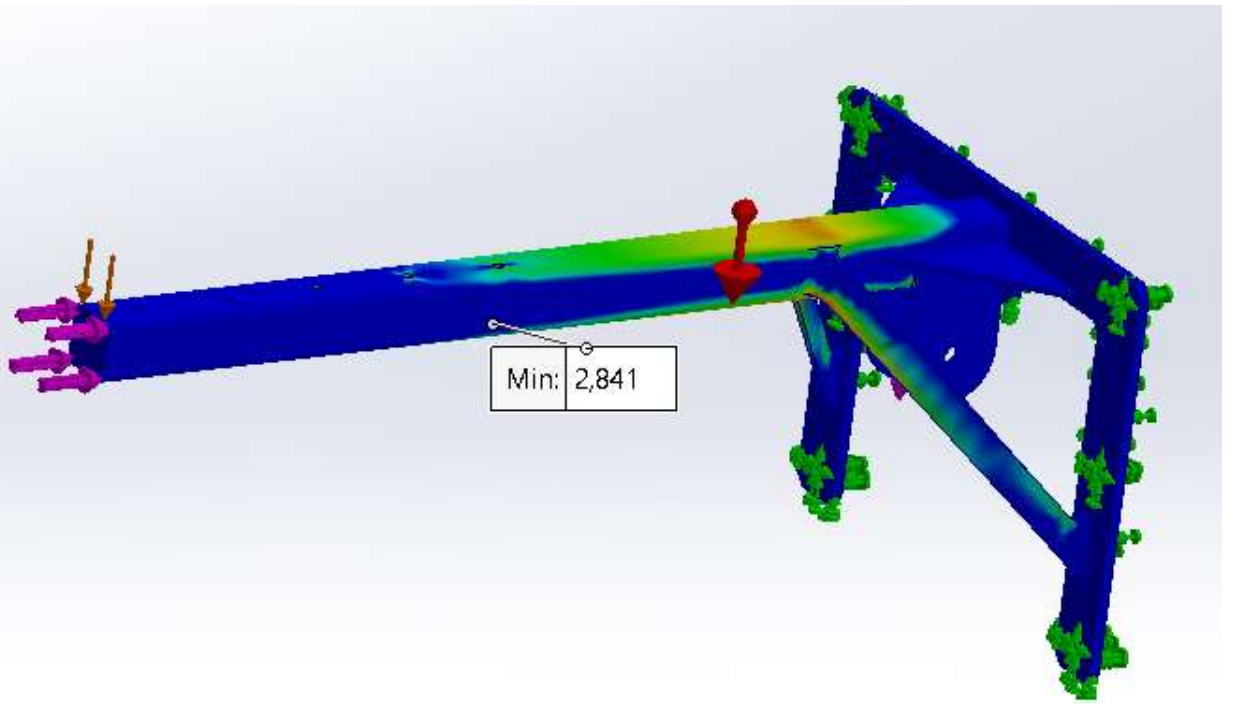


Рисунок 2.7 – Коефіцієнт запасу міцності балки

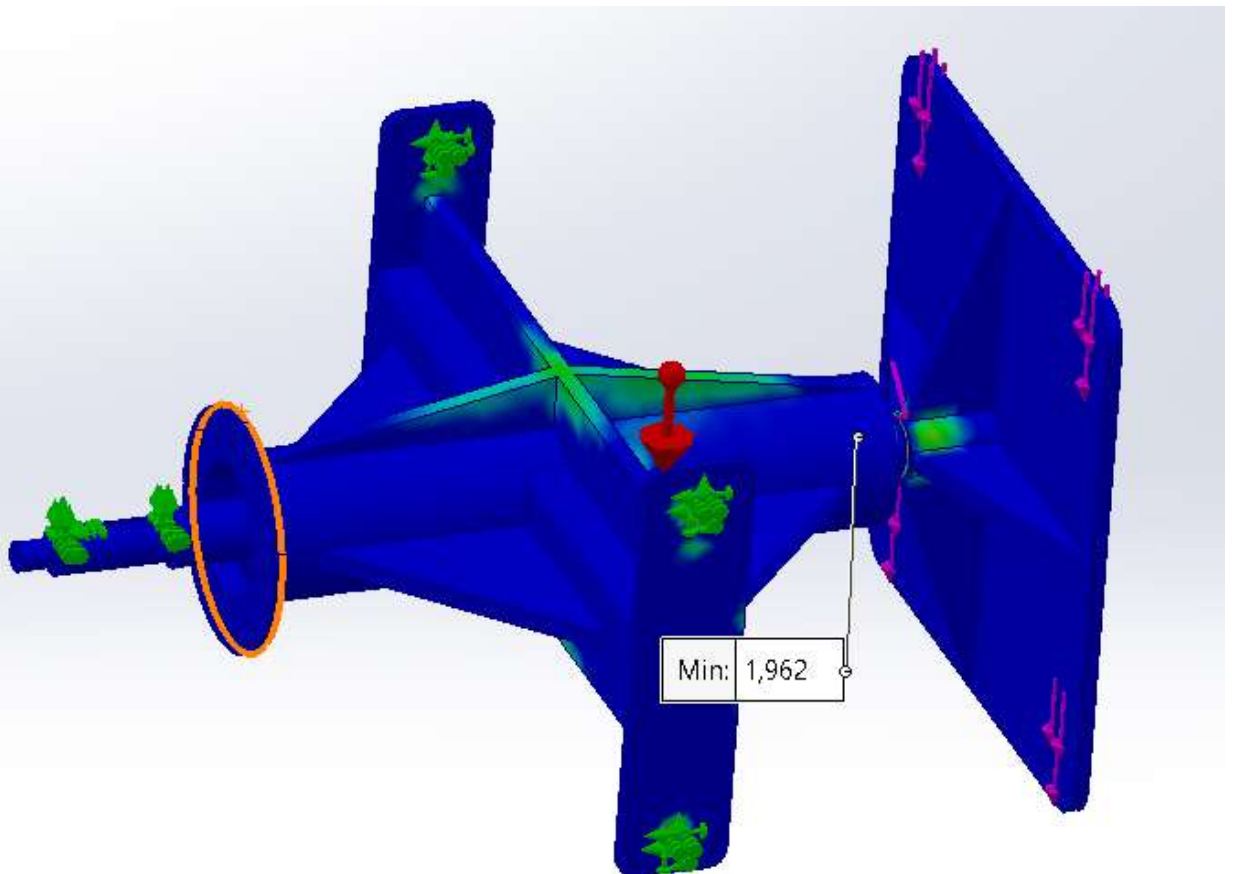
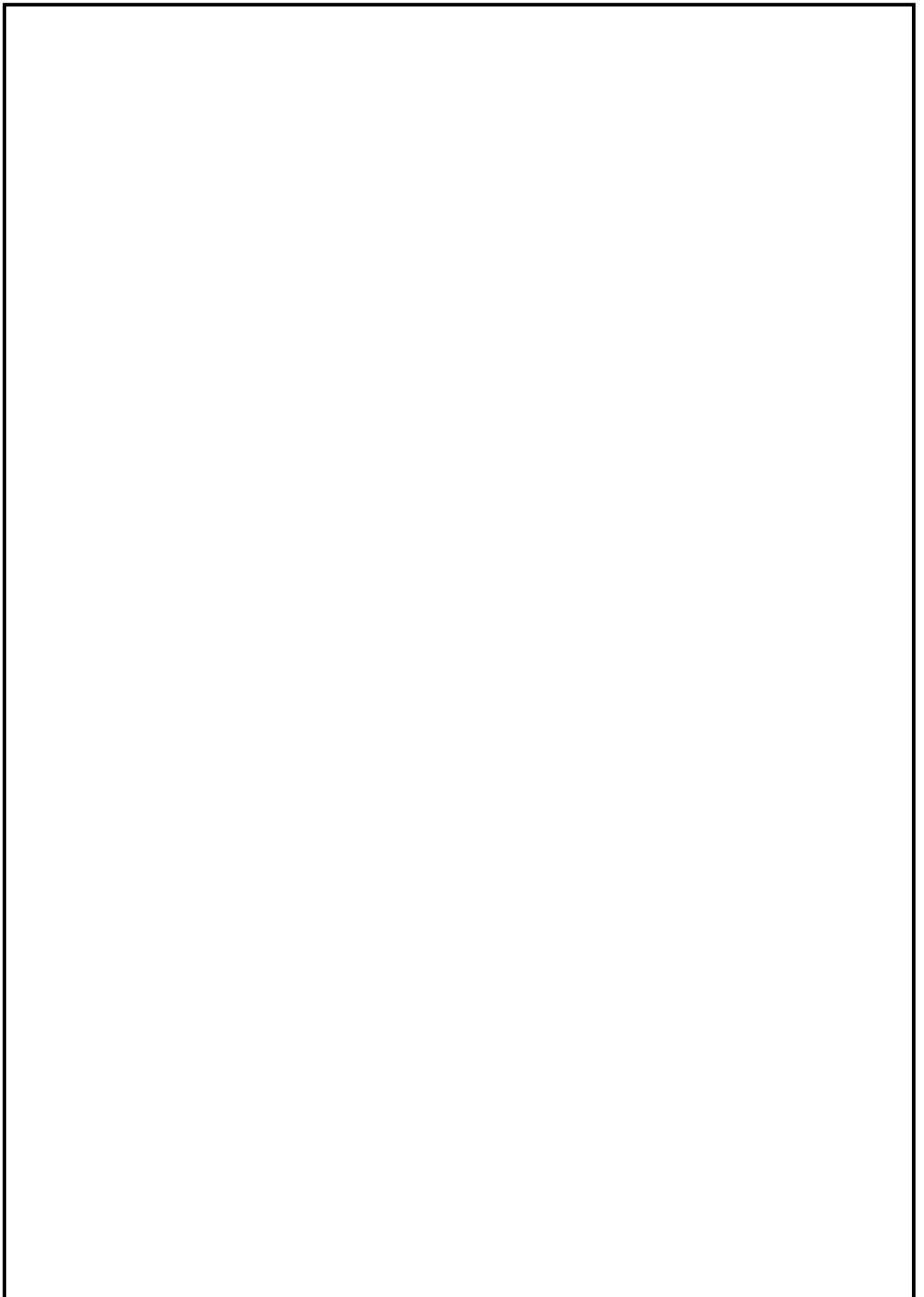


Рисунок 2.8 – Коефіцієнт запасу міцності кантувача

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

### 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Роботи з ремонту двигуна внутрішнього згоряння належать до категорії відповідальних і потенційно небезпечних, оскільки пов'язані з підйомом і переміщенням важких агрегатів, використанням ручного й електричного інструменту, впливом мастильних матеріалів, пари, електроструму та високої температури. Тому особливе значення має дотримання вимог охорони праці на всіх етапах ремонтного процесу.

Перед початком робіт працівник повинен пройти інструктаж з техніки безпеки, мати допуск до виконання відповідних операцій, користуватись засобами індивідуального захисту — комбінезоном, рукавицями, захисними окулярами, а в деяких випадках — каскою та захистом органів дихання. Робоче місце повинно бути добре освітленим, очищеним від сторонніх предметів та оснащеним витяжною вентиляцією, особливо під час роботи з мийними рідинами, мастилами або паливом.

Під час демонтажу та монтажу двигуна необхідно використовувати справне вантажопідіймальне обладнання (крани, талі, підйомники), що пройшло періодичну перевірку. При стропуванні забороняється перебувати під навішеним вантажем або в зоні його можливого переміщення. Піднімати двигун слід плавно, без ривків, контролюючи стійкість конструкції. Стенд-кантувач, що використовується для фіксації агрегата, має бути закріпленим на рівній поверхні, не мати люфтів у вузлах і повинен мати фіксатор положення, що запобігає самовільному обертанню.

При роботі з інструментом (ключами, знімачами, дрелями, шліфмашинами тощо) необхідно дотримуватись правил їх експлуатації. Забороняється використовувати несправний інструмент або застосовувати його не за призначенням. Роботи з електроінструментом дозволено виконувати лише з робочим заземленням і сухими руками. Особливу обережність слід проявляти при перевірці роботи електрообладнання двигуна — вимірювання напруги,

										Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ					

підключення діагностичних приладів тощо. Такі дії виконуються з використанням ізольованого інструменту.

Усі розхідні матеріали, мастила, паливо та хімічні засоби повинні зберігатись у спеціально визначених місцях з відповідним маркуванням. Після закінчення робіт усі відпрацьовані рідини збираються у герметичні ємності для подальшої утилізації. Категорично заборонено зливати залишки в каналізацію чи на відкритий ґрунт.

У разі виникнення аварійної ситуації (падіння агрегата, коротке замикання, витік пального, займання) необхідно негайно припинити роботу, повідомити керівника і вжити заходів згідно з інструкцією з безпеки. На кожному робочому місці має бути вогнегасник, аптечка першої допомоги та доступ до засобів пожежогасіння.

					<i>ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті було розроблено конструкцію стенду-кантувача для технічного обслуговування та ремонту вузлів і агрегатів сільськогосподарських машин в умовах ТОВ «СМАРТ АГРО-СЕРВІС». На відміну від існуючих аналогів, спроектований стенд має не лише можливість повертати та фіксувати вузли у зручному положенні, але й додатково оснащений механізмом підйому, що значно зменшує фізичне навантаження на працівника та підвищує ефективність виконання робіт. У процесі роботи було проведено аналіз конструкцій існуючих кантувачів і визначено їхній головний недолік — відсутність вбудованого підйомного механізму. Для усунення цієї проблеми запропоновано вдосконалену конструкцію, розраховано навантаження на основні елементи, виконано аналітичний та чисельний (методом скінченних елементів у SolidWorks Simulation) розрахунок міцності. Отримані результати підтвердили працездатність і надійність обраних конструктивних рішень. Особливу увагу приділено питанням охорони праці та екологічної безпеки. Використання стенду підвищує рівень безпеки персоналу, мінімізує ризики травм під час монтажно-демонтажних робіт, а також сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище завдяки раціональній організації ремонтних процесів.

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

ДОДАТКИ

					ДП АІ 25.17.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49