

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи

*магістра*


Спеціалізація: «Матеріалознавство»

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство. Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: **«Розробка проєкту та дослідження працездатності деталей стелу ремонту редукторів мостів автомобілів з вибором відповідних матеріалів»**

Шифр ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАМ-22-1  В.В. Корзун

Підпис

Виконав, прізвище

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ



Підпис

О.Ю. Рудик  
Виконав, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.



Підпис

О.В. Духа  
Виконав, прізвище

13 12 \_\_\_\_\_ 2023 р.

Хмельницький, 2023

ХМЕЛНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трикотажі, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри TAM

проф., д.т.н. Диха О.В.

2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Корзуну Владиму Вікторовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проєкту (роботи): Розробка проєкту та дослідження працездатності деталей стенду ремонту редукторів мостів автомобілів з вибором відповідних матеріалів

керівник проєкту (роботи) Рудик Олександр Юхимович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи

Затверджено наказом університету від 15 серпня 2023 р. № 28 (30)

2. Строк подання студентом проєкту на кафедру 10 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно-технологічна документація з розбирання, дефектації, складання і регулювання стенду ремонту редукторів мостів автомобілів.

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

1. Технічне обслуговування, ремонт і регулювання мостів і редукторів вантажних автомобілів.

2. Конструкторська розробка стенду.

3. Застосування SolidWorks для моделювання напружено-деформованого стану рухомої ступки 08 стенду.

4. Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану нерухомої ступки 07 стенду.

5. Застосування SolidWorks для статичного розрахунку пальця 18 стенду.

6. Дослідження напружено-деформованого стану замка 13 стенду.

7. Застосування SW Simulation для статичного аналізу гвинта 16 стенду.

8. Формування розрахункової моделі SW Simulation для гвинта 12 стенду.

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

Графічну частину проєкту представити у вигляді презентації на слайдах.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прізвище
1	Літературний огляд	30.09.2023	
2	Технологічний розділ	25.10.2023	
3	Дослідницький розділ	15.11.2023	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2023	
5	Оформлення презентації магістерської роботи	1.12.2023	
6	Нормоконтроль магістерської роботи	5.12.2023	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	10.12.2023	

Студент

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

  
Підпис

В.В. Корзун  
Ініціали, прізвище

О.Ю. Рудик  
Ініціали, прізвище

## РЕФЕРАТ

**Обсяг пояснювальної записки** – 97 сторінок, кількість рисунків – 69, таблиць – 5, додатків – 2, кількість джерел згідно з переліком посилань – 28.

**Об'єкт дослідження:** стенд з ремонту редукторів заднього мосту автомобілів.

**Мета роботи:** розробка стенду з ремонту редукторів заднього мосту автомобілів.

**Результати та їх новизна:** На основі результатів огляду відомих аналогів розроблений стенд з ремонту редукторів заднього мосту автомобілів. Він призначений для більш швидкого і зручного розбирання та складання редукторів заднього мосту автомобілів на вузли й деталі. Порівнюючи з аналогічним стелажем, підвищується механізація й автоматизація процесу, полегшується робота, підвищується зручність та якість розбирання-складання агрегатів.

Стенд конструктивно простий, універсальний і може бути виготовлений безпосередньо в автогосподарстві. Проведена техніко-економічна оцінка конструкторської розробки.

Призначені матеріали найбільш навантажених деталей спроектованого стенду: рухомої та нерухомої стулок, пальця, замка, гвинта. За допомогою SolidWorks Simulation проведено комп'ютерне моделювання їх напружено-деформованого стану з відображенням відповідних контурних графіків.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи:** розроблений стенд з ремонту редукторів заднього мосту автомобілів.

**Перелік ключових слів:** АВТОМОБІЛЬ, ЗАДНІЙ МІСТ, РЕДУКТОР, РЕМОНТ, СТЕНД, МАТЕРІАЛИ, SOLIDWORKS SIMULATION.

## Зміст

Анотація .....	6
Abstract .....	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
<b>1 Технічне обслуговування, ремонт і регулювання мостів і редукторів</b>	
<b>вантажних автомобілів.....</b>	<b>10</b>
1.1 Технічне обслуговування ведучих мостів автомобілів МАЗ .....	10
1.2 Технічне обслуговування й регулювання мостів МАЗ.....	13
1.3 Ремонт і регулювання редуктора заднього мосту автомобілів КамАЗ .....	19
1.4 Ремонт і регулювання заднього мосту ЗІЛ-130 .....	22
<b>2 Конструкторська розробка стану .....</b>	<b>25</b>
2.1 Мета розробки .....	25
2.2 Огляд існуючих станів розбирання-складання редукторів .....	26
2.3 Опис стану й принципу дії.....	32
2.4 Розрахунки й вибір коліс.....	34
2.5 Розрахунки сили на перекочування стану .....	35
2.6 Розрахунки сили на поворотній рукоятці.....	36
2.7 Вибір елементів рами.....	36
2.8 Техніко-економічна оцінка конструкторської розробки .....	37

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Корзун		<i>В.Корзун</i>	
Перевір.	Рудик		<i>Р.Рудик</i>	
Н. Контр.	Бабак		<i>Н.Бабак</i>	
Затверд.	Диха		<i>Д.Диха</i>	
Розробка проекту та дослідження працездатності деталей стану ремонті редукторів мостів автомобілів з вибором відповідних матеріалів			Літ.	Арк.
				4
			ХНУгр.МТВАм-22-1	
			Акрушів	97

## Зміст

<b>Анотація .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Перелік скорочень.....</b>	<b>8</b>
<b>Вступ .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Технічне обслуговування, ремонт і регулювання мостів і редукторів</b>	
<b>вантажних автомобілів .....</b>	<b>10</b>
1.1 Технічне обслуговування ведучих мостів автомобілів МАЗ .....	10
1.2 Технічне обслуговування й регулювання мостів МАЗ.....	13
1.3 Ремонт і регулювання редуктора заднього мосту автомобілів	
КамАЗ .....	19
1.4 Ремонт і регулювання заднього мосту ЗІЛ-130 .....	22
<b>2 Конструкторська розробка стану.....</b>	<b>25</b>
2.1 Мета розробки .....	25
2.2 Огляд існуючих станів розбирання-складання редукторів .....	26
2.3 Опис стану й принципу дії.....	32
2.4 Розрахунки й вибір коліс.....	34
2.5 Розрахунки сили на перекочування стану.....	35
2.6 Розрахунки сили на поворотній рукоятці.....	36
2.7 Вибір елементів рами .....	36
2.8 Техніко-економічна оцінка конструкторської розробки .....	37

					<b>ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Корзун				<b>Розробка проєкту та дослідження працездатності деталей стану ремонту редукторів мостів автомобілів з вибором відповідних матеріалів</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Рудик					4	97	
Н. Контр.	Бабак				ХНУГр.МТВАм-22-1			
Затверд.	Диха							

2.8.1 Розрахунки вартості конструкції .....	37
2.8.2 Розрахунки техніко-економічних показників.....	38
<b>3 Застосування SW для моделювання напружено-деформованого стану рухомої стулки 08 стенду .....</b>	<b>44</b>
<b>4 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану нерухомої стулки 07 стенду .....</b>	<b>51</b>
<b>5 Застосування SW для статичного розрахунку пальця 18 стенду .....</b>	<b>58</b>
<b>6 Дослідження напружено-деформованого стану замка 13 стенду.....</b>	<b>62</b>
<b>7 Застосування SWS для статичного аналізу гвинта 16 стенду .....</b>	<b>67</b>
<b>8 Формування розрахункової моделі SWS для гвинта 12 стенду .....</b>	<b>72</b>
<b>Висновки .....</b>	<b>78</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>79</b>
<b>Додатки.....</b>	<b>82</b>

## Анотація

На даний момент в авторемонтних цехах стенди для розбирання й складання редукторів мостів автомобілів не застосовуються, а існуючі конструкції не уніфіковані (застосовуються тільки для певної моделі та її модифікації). Усі операції розбирання й складання редукторів здійснюються на слюсарних верстатах. У зв'язку з цим розроблений стенд з ремонту редукторів мостів автомобілів.

Даний стенд призначений для більш швидкого, зручного розбирання та складання редукторів мостів автомобілів на вузли й деталі. Порівнюючи зі стелажем для розбирання й складання, підвищується механізація й автоматизація процесу, полегшується робота, підвищується зручність та якість розбирання-складання агрегатів.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Abstract

At the moment, stands for disassembling and assembling rear axle reducers are not used in auto repair shops, and the existing designs are not unified (they are used only for a certain model and its modification). All operations of disassembling and assembling reducers are carried out on metalworking machines. In this connection, a stand was developed for the repair of reducers of the rear axle of cars.

This stand is designed for faster, more convenient disassembly and assembly of rear axle reducers of cars into assemblies and parts. Compared with a rack for disassembly and assembly, the mechanization and automation of the process increases, the work becomes easier, the convenience and quality of disassembly and assembly of units increases.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік скорочень

ТО – технічне обслуговування.

SW – SolidWorks.

SWS – SolidWorks Simulation.

MSE – метод скінченних елементів.

$s_b$  – межа короткочасної міцності, [МПа].

$s_T$  – межа пропорційності (межа текучості для постійної деформації), [МПа].

C – вуглець.

Si – кремній.

Mn – марганець.

Ni – нікель.

S – сірка.

P – фосфор.

Cr – хром.

Cu – мідь.

As – миш'як.

Fe – залізо.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

**Актуальність теми.** Екстремальні умови роботи елементів сучасних конструкцій, складність їх форми і великі габарити роблять виключно важким і дорогим здійснення натурного або напівнатурного експерименту, особливо, якщо йдеться про встановлення граничних (руйнуючих) навантажень. Створення конструкцій такого типу неможливе без удосконалення й автоматизації процесу проектування. Тому метою даного дослідження є розробка стенду для спрощення й прискорення процесу розбирання й складання редукторів мостів автомобілів.

**Новизна роботи.** Розроблений стенд з ремонту редукторів мостів автомобілів. Він призначений для більш швидкого і зручного розбирання та складання редукторів мостів автомобілів на вузли й деталі. При цьому підвищується механізація й автоматизація процесу, полегшується робота, підвищується зручність та якість розбирання-складання агрегатів.

**Достовірність отриманих результатів та обґрунтованість висновків і рекомендацій** забезпечена застосуванням сучасних методів досліджень, достатнім об'ємом експериментально-розрахункової частини роботи, використанням комп'ютерної техніки для розв'язання задач.

Результати досліджень були представлені на:

– III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції, м. Полтава, 22–23 лютого 2023 року;

– XI International Scientific and Practical Conference. – Toronto, Canada. 24-26 August 2023.

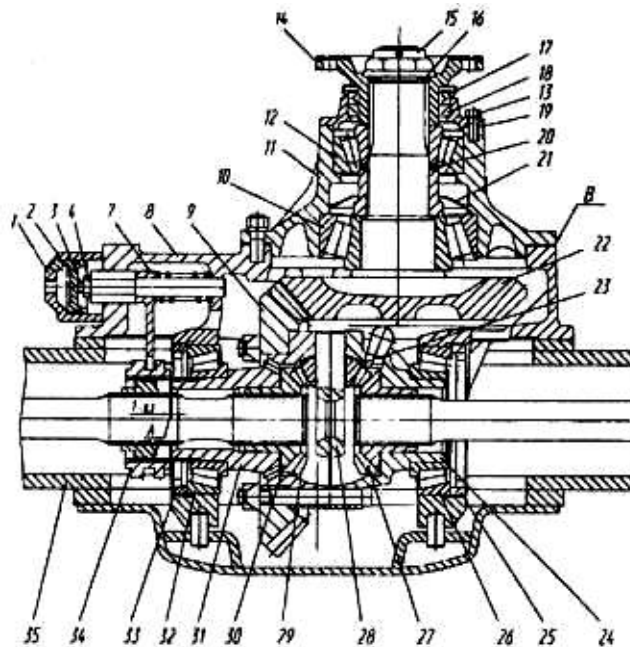
**Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці:** для ремонту редукторів мостів автомобілів розроблений стенд, який підвищує механізацію та автоматизацію процесу розбирання-складання.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Технічне обслуговування, ремонт і регулювання мостів і редукторів вантажних автомобілів

## 1.1 Технічне обслуговування ведучих мостів автомобілів МАЗ

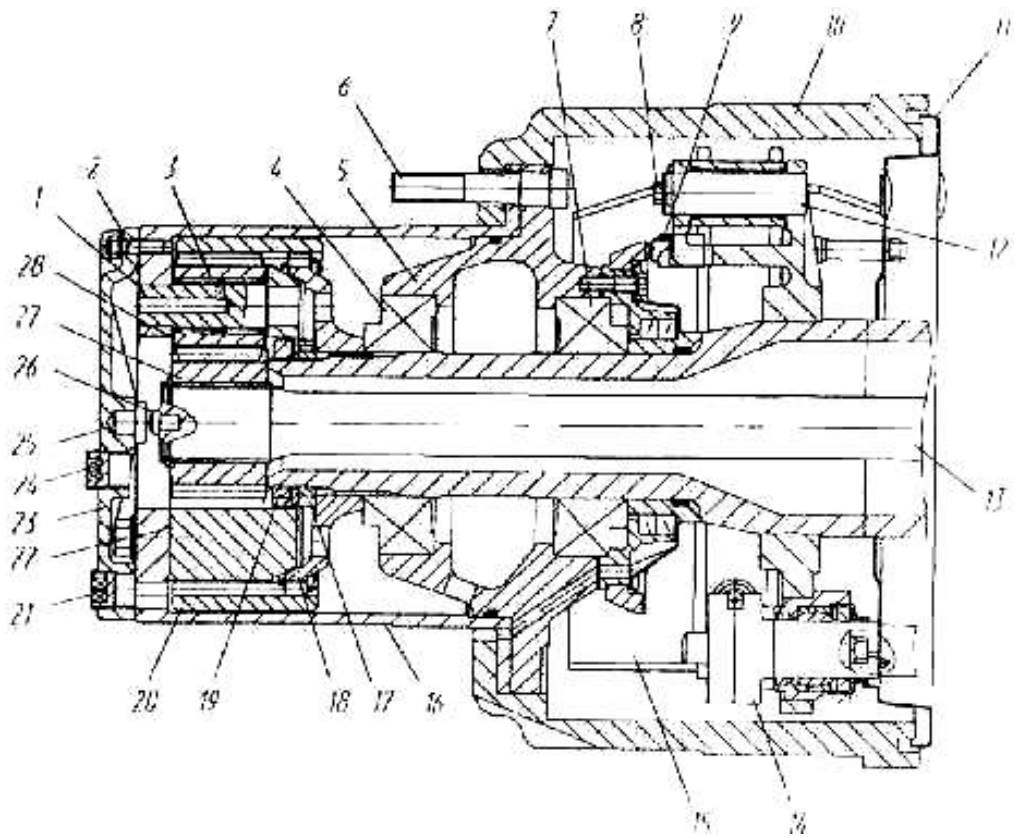
Задній міст автомобілів МАЗ [1] має подвійну рознесену головну передачу, яка складається з центрального конічного редуктора й планетарних колісних передач, розміщених у маточинах коліс (рис. 1.1, 1.2).



1 – циліндр механізму блокування, 2 – поршень; 3 – гвинт; 4 – гайка; 7 – вилка включення механізму блокування; 8 – картер редуктора; 9 – шестірня ведена; 10, 12, 26, 32 – підшипник, 11 – стакан підшипників; 13 – болт; 14 – фланець; 15 – гайка; 16 – кільце ущільнювальне; 17, 18 – манжета; 19 – прокладка; 20 – прокладки регулювальні; 21 – мастиловідбивач; 22 – шестірня ведуча; 23 – сателіт; 24, 31 – чашка диференціала; 25, 33 – гайка; 27, 29 – шестірня півосі; 28 – хрестовина; 30 – шайба опорна; 34 – муфта блокування диференціала; 35 – картер мосту

**Рисунок 1.1 – Редуктор заднього мосту МАЗ**

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – вісь сателіта; 2 – гайка; 3 – підшипник голчастий; 4,7 – підшипник; 5 – маточина; 6,8 – болти; 9 – датчик АБС; 10 – барабан гальмівний; 11 – щит; 12 – вісь; 13 – піввісь; 14 – кулак розтискної; 15 – колодка гальмівна; 17, 19 – гайка; 18 – маточина веденої шестірні; 20 – шестірня ведена; 21 – пробка зливальна; 22 – водило; 23 – кришка; 24 – пробка заливна; 25 – сухар; 26 – упор півосі; 27 – шестірня ведуча; 28 – сателіт.

**Рисунок 1.2 – Колісна передача ведучого мосту МАЗ**

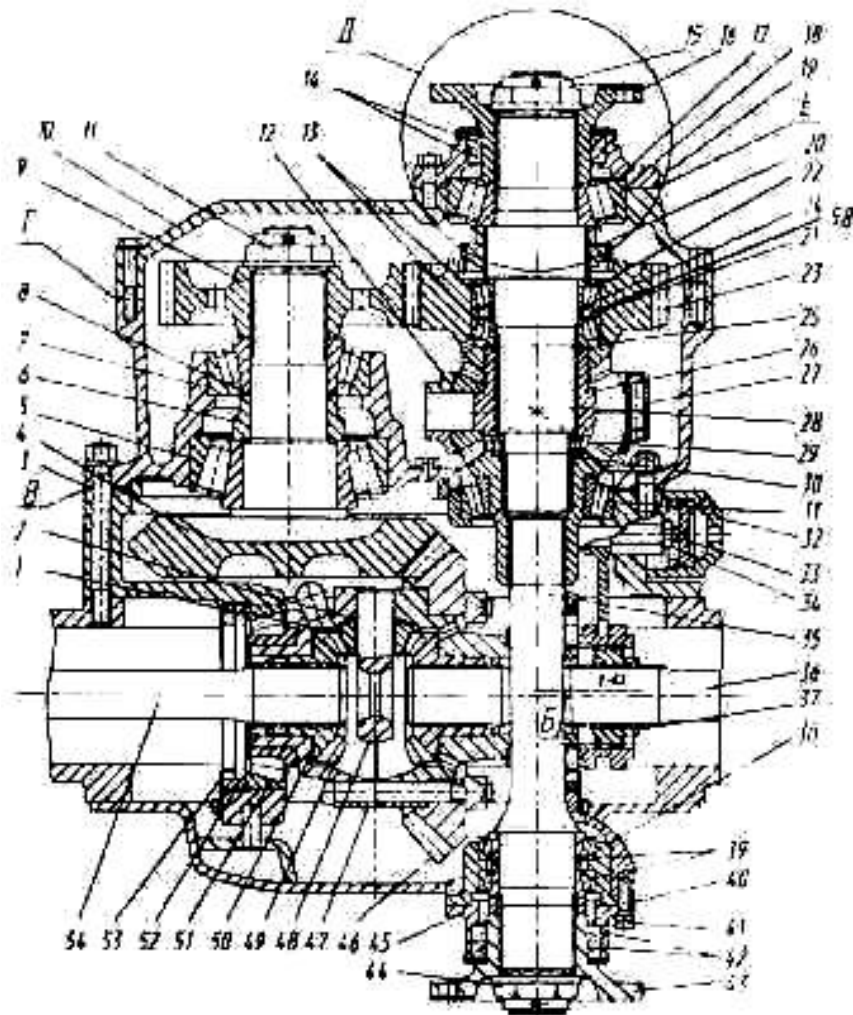
Середній ведучий міст автомобілів МАЗ складається з центрального редуктора (рис. 1.3) і планетарних колісних передач. Міжколісний диференціал і колісні передачі середнього мосту максимально уніфіковані з аналогічними вузлами заднього мосту [1].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

11



1, 12 – сателіти; 2, 50 – шайби опорні; 3, 17 – прокладка регулювальна; 4, 23 – шестірня ведуча; 5, 7, 13, 18, 29, 31, 39, 51 – підшипник; 6 – втулка розпірна; 8, 24, 25, 30, 38 – шайби регулювальні; 9 – шестірня ведена; 10 – картер шестірень; 11, 15, 34, 44, 52 – гайка; 14, 42 – манжета; 16, 43 – фланець; 19, 45 – кришка; 20 – муфта блокування міжосьового диференціала; 21 – кільце; 22 – кільце стопорне; 26, 48 – хрестовини диференціала; 27 – міжосьовий диференціал; 28 – вал привода мостів; 32 – циліндр механізму блокування; 33 – гвинт; 35 – вал приво­ду заднього мосту; 36, 54 – півосі; 37 – муфта блокування міжколісного диференціала; 40 – стакан підшипників; 41 – болт; 46 – шестірня ведена; 47 – міжколісний диференціал; 49 – шестірня півосі; 53 – стопор гайки; 58 – кільце

**Рисунок 1.3 – Редуктор середнього мосту МАЗ**

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Привод механізму блокування міжосьового й міжколісного диференціалів середнього мосту – електропневматичний.

Блокування міжколісних диференціалів середнього й заднього мостів розглядуваних автомобілів МАЗ- здійснюється одним вимикачем незалежно від включення блокування міжосьового диференціала. Блоковане положення диференціалів сигналізується контрольними лампами.

Блокування міжколісного й міжмостового диференціалів слід включати при подоланні труднопрохідних і слизьких ділянок дороги при зупиненому автомобілі або при русі на малій швидкості (до 10 км/год.) і виключати блокування на крутих поворотах цих ділянок доріг.

Включення блокування в режимі буксування коліс не допускається [1].

## 1.2 Технічне обслуговування й регулювання мостів МАЗ

Догляд за ведучими мостами автомобілів МАЗ полягає в підтримці необхідного рівня мастила в центральних редукторах і в колісних передачах, своєчасній його заміні, очищенню сапунів від забруднення, перевірці й підтяжці кріпильних деталей, перевірці шуму роботи й температури нагрівання мостів, а також у виконанні регулювань зачеплень конічних шестірень і натягів у конічних підшипниках.

При виявленні течі мастила через манжети вхідного й вихідного валів середнього мосту й ведучої шестірни заднього мосту слід з'ясувати причину течі.

Заміну манжет вхідного й вихідного валів середнього мосту й ведучої шестірни заднього мосту розглядуваних автомобілів МАЗ проводити у такій послідовності:

- від'єднати карданний вал від фланця 14 (рис. 1.1);
- розшпінтувати і відкрутити гайку 15 кріплення фланця, зняти ущільнювальне кільце 16 і фланець 14;
- відкрутити болти 13 кріплення й зняти кришку з манжетами;
- замінити манжети, заповнивши їх внутрішні порожнини мастилом Литол-24 і зібрати вузол у порядку, зворотному розбиранню.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Манжети 14, 42 (рис. 1.3) і 17, 18 (рис. 1.1) запресовуються в кришки до упору [1].

Гайки кріплення фланців затягнути з контролем мінімальної величини моменту й наступною підтяжкою до збігу отвору валу із прорізом гайки. При цьому момент повертання ведучої конічної шестірні повинен знаходитися у межах 0,1-0,3 кг/см.

Регулювання натягу підшипників ведучих конічних шестірень, диференціалів мостів і вихідного валу середнього мосту МАЗ-5516, 5340, 6430, 64229, 5440, 54323, 54329 проводити через 60-80 тис. км пробігу з одночасною підтяжкою гайки 15 фланця 16 (рис. 1.3).

Через 180 тис. км при черговому ТО-2 слід промивати картери мостів. Знімання центрального конічного редуктора мосту для проведення регулювальних робіт проводити у такій послідовності:

- злити мастило з картера мосту й колісних передач (викрутивши зливальні й заливні пробки);
- від'єднати карданний вал;
- від'єднати шланг подачі повітря від циліндра блокування редуктора, відключити клеми датчика тиску, викрутити датчик;
- зняти кришки 23 (рис. 1.2) колісних передач;
- заблокувати міжколісний диференціал (за допомогою болта);
- вийняти півосі 13 разом з ведучими шестірнями 27 колісних передач;
- відкрутити гайки шпильок кріплення редуктора до картера мосту (за винятком двох верхніх).

Після цього підкотити візок з підйомником під редуктор і, забезпечивши надійну опору редуктора на підйомнику, відкрутити дві верхні гайки, що залишилися [1].

Потім за допомогою двох демонтажних болтів у фланці кріплення редуктора до картера мосту зняти редуктор. Складання проводиться у зворотній послідовності.

При розбиранні колісної передачі мосту МАЗ:

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– злити мастило з колісної передачі, установивши колесо так, щоб зливальна пробка зайняла крайнє нижнє положення, відкрутивши зливальну й заливну пробки 21, 24 (рис. 1.2);

- відкрутити гайки 2 і зняти кришку 23;
- вийняти піввісь 13 разом з ведучою шестірнею 27;
- відкрутити болти й зняти гальмівний барабан 10;
- зняти корпус водила разом із сателітами 28 і водилом 22;
- відкрутити спеціальним ключем контргайку 19, зняти стопорну шайбу, відкрутити гайку 17 і зняти ведену шестірню 20 разом з маточиною 18;
- зняти маточину 5 разом з підшипниками.

Складання колісної передачі проводити у зворотній послідовності. Осі сателітів повинні встановлюватися зверненими своєю лискою до центру обертання колісної передачі.

При знятті маточини колеса колісна передача повинна розбиратися в такій самій послідовності.

При знятті півосей 13 (рис. 1.2) і 36, 54 без демонтажу центрального редуктора, в обов'язковому порядку необхідно заблокувати міжколісні диференціали заднього й середнього мостів і розблокувати їх тільки після установки вищевказаних півосей.

Регулювання редуктора ведучого мосту автомобілів МАЗ проводити при знятому редукторі у наступній послідовності:

- відрегулювати натяг конічних підшипників ведучої конічної шестірні;
- відрегулювати натяг підшипників диференціала;
- відрегулювати зачеплення конічних шестірень по плямі контакту й бічному зазору, після чого (при необхідності) підрегулювати натяг підшипників диференціала; при цьому, щоб уникнути порушення первісного регулювання підшипників, гайки 25, 33 (рис. 1.1) слід відкручувати й закручувати на той самий кут.

Для регулювання підшипників ведучої конічної шестірні МАЗ:

- вийняти ведучу конічну шестірню зі стаканом підшипників у зборі.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цього в картері редуктора заднього мосту відкрутити гайки кріплення стаканів 11 підшипників і за допомогою демонтажних болтів вийняти стакан із шестірнею [1].

У редукторі середнього мосту МАЗ відкрутити болти кріплення картера шестірень і за допомогою демонтажних болтів зняти картер шестірень у зборі із вхідним валом, відігнути стопорні пластини, відкрутити гайки кріплення картера проміжного й зняти його в зборі із ведучою конічною шестірнею;

- визначити індикатором осьовий зазор у підшипниках;
- закріпити ведучу шестірню в лещатах (охоронивши від ушкодження прокладками з м'якого металу);

- зняти фланець 14 (рис. 1.1), кришку з манжетами 17, 18 або шестірню 9 (рис. 1.3), внутрішнє кільце близького до хвостовика підшипника й регулювальну прокладку 20;

- заміряти товщину регулювальної прокладки й розрахувати необхідну її товщину для усунення осьового люфту й одержання попереднього натягу підшипників (зменшення товщини прокладки повинне рівнятися сумі заміряного індикатором осьового люфту й величини натягу підшипників рівного 0,03-0,05 мм);

- прошліфувати регулювальну прокладку до необхідної величини й зібрати ведучу шестірню без закріплення кришки з манжетами.

Регулювання зачеплення конічних шестірень центрального редуктора ведучих мостів МАЗ проводити наступним чином [1].

При затягуванні гайки фланця слід повертати стакан підшипників для правильного розміщення роликів у своїх обоймах;

- перевірити натяг підшипників по величині моменту повертання стаканів підшипників, яка повинен бути рівним 1-3 Нм (0,1-0,3 кг/см).

При нормальному попередньому натягу в підшипниках зняти фланець 14 (рис. 1.1), установити на місце кришку з манжетами 17, 18 і остаточно зібрати вузол.

Регулювання натягу підшипників диференціала проводити при знятій ведучій шестірні за допомогою гайок 25 (рис. 1.1) і 52 (рис. 1.3).

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гайки закручувати на однакову глибину до одержання потрібного попереднього натягу, не порушуючи положення веденої шестірні.

Переднатяг підшипників визначається величиною моменту, необхідного для провертання диференціала, який повинен бути в межах 2-5 Нм (0,2-0,5 кг/см) при знятій ведучій шестірні [1].

Цей момент визначається спеціальним динамометричним ключем або виміром зусилля, прикладеного на радіусі чашок диференціала й рівного 23-57 Н (240-586 кгс).

Порядок перевірки й регулювання зачеплення конічних шестірень редуктора мосту МАЗ наступний:

- перед установкою стакана підшипників з ведучою шестірнею в картер редуктора протерти зуби обох конічних шестірень і на бічні поверхні трьох-чотирьох зубів нанести тонкий шар фарби;

- відрегулювати зачеплення конічних шестірень; переміщення ведучої шестірні забезпечується зміною кількості регулювальних прокладок під фланцем стакана підшипників ведучої шестірні.

Для переміщення веденої шестірні слід користуватися гайками 25 (рис. 1.1) або 52 (рис. 1.3); щоб не порушити регулювання натягу в підшипниках диференціала, закручувати (відкручувати) зазначені гайки на той самий кут.

Регулювання підшипників диференціала ведучого мосту МАЗ (рис. 1.3) проводити в такій послідовності [1]:

- від'єднати карданний вал від фланця 16;
- зняти механізм блокування диференціала;
- відкрутити болти кріплення картера шестірень і зняти картер у зборі з міжосьовим диференціалом;
- розібрати міжосьовий диференціал, зняти ведучу шестірню й вийняти підшипники з шестірні;
- промити деталі в дизельному паливі, а перед складанням змастити;
- установити внутрішній підшипник у шестірню 23 до упору;

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– установити зовнішнє 21 і внутрішнє кільце 58 і зовнішню обойму зовнішнього підшипника;

– для забезпечення попереднього натягу в підшипниках зменшити товщину набору шайб 24 на величину осьового зазору (плюс 0,02-0,03 мм) і встановити їх на місце;

– установити стопорне кільце 22;

– установити внутрішню обойму підшипника в зборі із сепаратором.

Для перевірки попереднього натягу в підшипниках установити на стіл преса шестірню 23 з підшипниками, через оправку (з опорою на торець внутрішньої обойми внутрішнього підшипника) і невеликим зусиллям стиснути підшипники. Погойдуванням перевірити наявність осьового зазору й легкість провертання шестірні [1].

У якості оправки можна використовувати хрестовину 26 і розпірну втулку в зборі із шестірнею.

Сила провертання ведучої циліндричної шестірні, прикладену на її зовнішньому діаметрі, повинна бути в межах 5,5-22 Н (0,55-2,2 кгс).

Регулювання підшипників 39 вихідного валу мосту розглядуваних автомобілів МАЗ проводити також зміною набору регулювальних шайб 38 у такій послідовності:

– відкрутити болти 41 і зняти вихідний вал 35 зі стаканом 40 підшипників;

– промити деталі в дизельному паливі, перед складанням змастити;

– затиснути вал у лещатах, установити внутрішню обойму внутрішнього підшипника із сепаратором на вал;

– установити стакан 40 у зборі із зовнішніми обоймами підшипників;

– установити необхідний набір регулювальних шайб 38, товщина яких повинна бути зменшена на величину осьового зазору (плюс 0,02-0,03 мм);

– установити сепаратор і внутрішню обойму зовнішнього підшипника;

– установити фланець 43, затягти гайку; погойдуванням і провертанням за фланець 43 перевірити наявність осьового зазору [1].

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зусилля повертання, прикладене на радіусі розташування отворів у фланці, повинне бути в межах 6,4-25,5 Н (0,65-2,6 кгс).

Після регулювання, відвернувши гайку й знявши фланець 43, установити кришку 45 з манжетами 42 і, зібравши вузол, затягти, гайку фланця. При цьому повинні збігатися отвори під шплінт із прорізом у гайці. Потім зашплінтувати гайку, установити на місце вал з підшипниковим вузлом і фланцем у зборі.

Товщина  $S$  пакета прокладок 17 (рис. 1.3) для регулювання переднатягу конічних підшипників 18, 31 при стиску їх зусиллям  $P = 800$  Н, визначається по формулі:  $S = (H - П \pm 0,1) \pm 0,05$  мм [1].

Регулювання бічного зазору в зачепленні шестірень міжосьового диференціала проводиться за допомогою набору шайб 25, 30. При зусиллі стиску 800 Н він повинен бути в межах 0,1-0,55 мм.

Перед складанням редукторів заднього й середнього мостів МАЗ-5516, 5340, 6430, 64229, 5440, 54323, 54329 на одну з поверхонь, що сполучаються, а також між прокладками в розніманнях В (рис. 1.1) і в розніманнях В, Г, Е (рис. 1.3) слід нанести шар герметика [1].

### 1.3 Ремонт і регулювання редуктора заднього мосту автомобілів КамАЗ

При огляді деталей редуктора мосту КамАЗ перевірте [2]:

— зуби й розташування плями контакту на робочих поверхнях зубів; при виявленні неприпустимого зношування або ушкодження (викрашування зубів) деталі замінити новими; при неправильному зачепленні зубів редуктора КамАЗ знайдіть причину й усуньте її; у запасні частини ведуча й ведена конічні шестірні поставляються комплектом, підібраним по шуму й плямі контакту, тому при ушкодженні однієї з них заміняйте обидві шестірні;

— зуби й плями контакту на робочих поверхнях зубів циліндричних шестірень; при виявленні неприпустимого зношування або ушкодження (викрашування) зубів деталі замінити новими;

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— стан поверхні шипів хрестовин, сателітів та отворів сателітів (міжосьового й міжколісного диференціалів); при незначних ушкодженнях пополіруйте поверхні дрібнозернистою шліфувальною шкуркою, а при серйозних ушкодженнях деталі замінити новими.

Аналогічним способом перевіряйте стан поверхонь шийок і торців шестірень півосей, шестірень привода заднього й проміжного мостів, міжосьового диференціала та їх посадкових поверхонь у чашках диференціалів;

— стан поверхонь опорних шайб сателітів, шестірень півосей і шестірень привода заднього й проміжного мостів; при виявленні незначних ушкоджень усуньте їх, при необхідності деталі замінити новими;

— огляньте всі підшипники, вони повинні бути без зношування, із гладкими робочими поверхнями [3].

Для розбирання редуктора заднього мосту КамАЗ викрутіть болти кріплення стопорів гайок підшипників диференціала заднього мосту й зніміть стопори 44 (рис. 1.4).

Відігніть стопорні пластини болтів кріплення кришок підшипників диференціала й викрутіть болти 45. Зніміть кришки підшипників 43, регулювальні гайки 15 підшипників диференціала й вийміть диференціал заднього мосту.

Розшпінтуйте та відкрутіть гайку 49 кріплення фланця заднього мосту й зніміть фланець 27. Викрутіть болти кріплення кришки чашки підшипників ведучої конічної шестірні, зніміть кришку 30 та опорну шайбу 47.

Викрутіть болти кріплення кришки й зніміть кришку 41. Випресуйте ведучий вал 38 у зборі із ведучою конічною шестірнею. Викрутіть болти кріплення кришки й зніміть кришку 8. Розстопоріть й відкрутіть гайку 11 і зніміть опорну шайбу 10.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Редуктор заднього мосту потребує регулювання, коли починає видавати характерний гул, чутний на швидкості від 30 км/год. і більше. Причинами можуть бути регулярні сильні перевантаження авто, постійна їзда із причепами й звичайне механічне ушкодження. Тому наступним дією повинен стати візуальний огляд агрегату.

Фланці, підшипники, сальники, сателіти, їх осі знімають і оглядають, якщо виявляється їхнє зношування – заміняють.

Слід перевірити відстань між утримуючими гайки болтами за допомогою штангенциркуля. Після цього потрібно підійти із протилежної сторони площини, потім затягти гайки, бажано на ту саму величину, приміром, на один паз. Потім знову виміряється відстань від болта до болта, яка повинна змінитися незначно (від 1,5 до 2 мм). Якщо усе саме так, потрібно перевірити шестірню на люфт – він повинен залишитися таким, яким був тільки що налаштований. Після цього регулювання закінчене [3].

#### **1.4 Ремонт і регулювання заднього мосту ЗІЛ-130**

Для розбирання (складання) задніх мостів ЗІЛ-130 можна застосовувати стенд-конвеєр, який складається з окремих секцій [4] – (рис. 1.5).

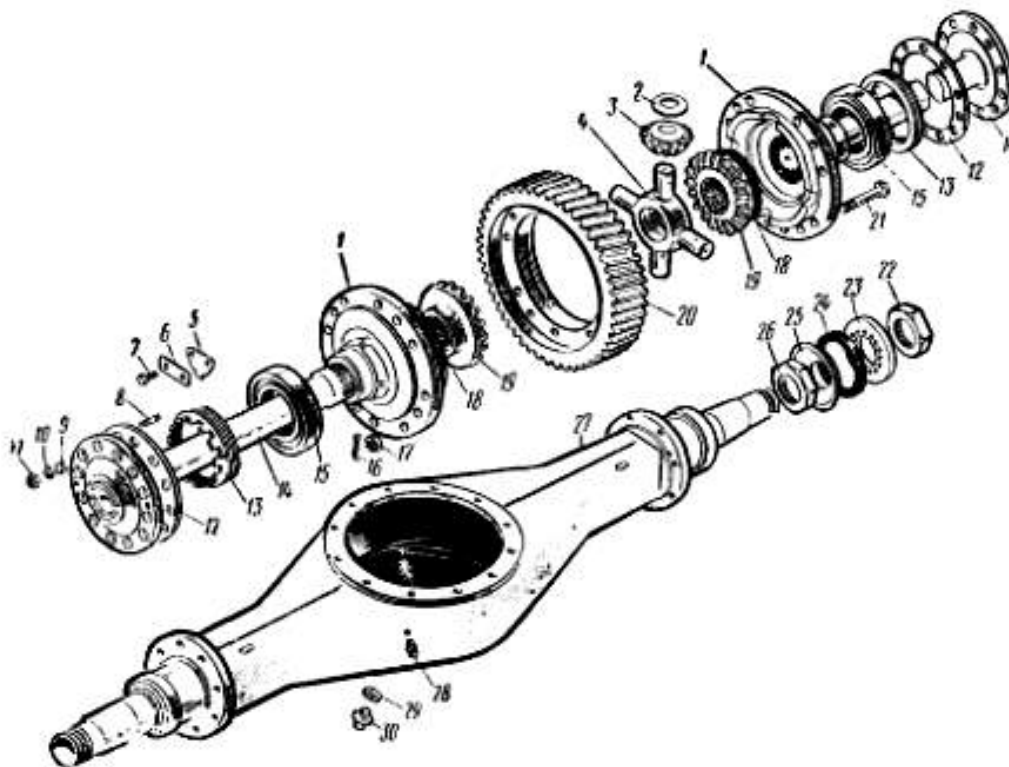
Для зняття півосі 14 (рис. 1.5) відкручують гайки й знімають пружинні 10 і конусні 9 шайби. Потім відкручують гайку 22, виймають замкове кільце, корпус сальника 25 з набиванням 24 і відкручують гайку 26.

Після цього знімають гальмівний барабан у зборі з маточиною й зовнішніми кільцями підшипників, внутрішнє кільце внутрішнього підшипника маточини, внутрішній сальник маточини заднього колеса і його опорне кільце. Для демонтажу гальмових колодок знімають відтяжну пружину, чеку осей колодок і накладку з осей [4].

Потім виймають шплінт пальця вилки штока гальмівної камери, вибивають палець, виймають шплінт розтискного кулака й шайбу, вибивають кулак з отвору регулювального важеля й послідовно знімають регулювальний важіль, запобіжний

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шплінт і розтискний кулак. Відкрутивши болти кріплення гальмівної камери до кронштейна, знімають гальмівну камеру, а потім її кронштейн.



1 — чашки; 2, 10, 18 і 23 — шайби; 3— сателіт; 4 – хрестовина; 5 — стопор; 6 — стопорна замкова пластина; 7 і 21 – болти; 8 — шпилька; 9 – конусна шайба; 11, 17, 22, 26 — гайки; 12 – прокладка півосі; 13 – регульовальна гайка підшипників диференціала; 14 – піввісь; 15 — підшипник диференціала; 16 — шплінт; 19 — шестірня півосі; 20 — ведена циліндрична шестірня; 24 — чепцеве набивання; 25 – корпус сальника; 27 — картер заднього мосту; 28 — запобіжний клапан; 29 — прокладка; 30 — зливальна пробка

**Рисунок 1.5 – Картер, півосі й диференціал заднього мосту ЗІЛ-130**

Попередньо відкрутивши маслянку опори розтискного кулака, гайки болтів кріплення опори й розшплінтувавши болти, знімають опору розтискного кулака з диска кріплення колодок. Потім відкручують гайки з осей колодок і вибивають осі із гнізд.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Попередньо відкрутивши болти кріплення й установивши захват за допомогою тельфера, знімають редуктор заднього мосту ЗІЛ-130, а з різьбового отвору картера заднього мосту викручують запобіжний клапан.

Для розбирання гальмівний барабан з маточиною встановлюють на стенд, де відкручують гайки шпильок кріплення гальмівного барабана до маточини й знімають маслоуловлювач із кільцем. Потім вибивають шпильки, випресовують зовнішнє кільце підшипника, запобіжне й зовнішнє кільце внутрішнього підшипника й викручують шпильки кріплення півосі [4].

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Конструкторська розробка стенду

Прискорений розвиток механізації й підвищення продуктивності праці у першу чергу залежать від якості техніки, що випускається, та ефективності підтримки її в працездатному стані.

Вантажні автомобілі – найбільш активна частина основних фондів, вагома частка національного багатства країни. Незважаючи на досягнення науково-технічного прогресу у створенні машин нових поколінь, вони піддаються поломкам, потребують обслуговування й ремонту, тому необхідна потужна база ТО й ремонту.

У наш час на підтримку автопарку в працездатному стані затрачаються мільярди грн. у рік. Тому підвищення економічної ефективності сфери ремонту й ТО є великою народногосподарською проблемою.

У всій виробничій діяльності вирішальна роль належить службі ремонту. Розробляється й частково впроваджується нова технологія, яка забезпечує значне підвищення післяремонтного ресурсу машин. Проте, проблеми якісного ремонту й організація нових форм залишаються й по теперішній час.

### 2.1 Мета розробки

Найбільшу вагу в ремонтно-профілактичному корпусі становлять стенди і верстати, які застосовують для розбирання й складання агрегатів на окремі вузли й деталі з наступним ремонтом.

Вимоги, пропоновані до конструкцій розбірно-складальних стендів, залежать від виду виробництва. У крупносерійному та масовому виробництві застосовуються спеціальні пристосування. На даний момент в авторемонтних цехах стенди для розбирання й складання редукторів мостів автомобілів не застосовуються, а існуючі конструкції не уніфіковані (застосовуються тільки для певної моделі та її модифікації). Усі операції розбирання й складання редукторів

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюються на слюсарних верстатах. У зв'язку з цим розроблений спеціалізований стенд з ремонту редукторів мостів автомобілів.

Даний стенд призначений для більш швидкого, зручного розбирання та складання редукторів мостів автомобілів на вузли й деталі. Порівнюючи зі стелажем для розбирання й складання, підвищується механізація й автоматизація процесу. Він дозволить полегшити роботу, підвищить зручність та якість розбирання-складання агрегатів.

## 2.2 Огляд існуючих стендів розбирання-складання редукторів

Проведемо аналіз деяких пристроїв (рис. 2.1) і пристосувань, які мають різні характеристики, позитивні й негативні моменти в експлуатації [5].

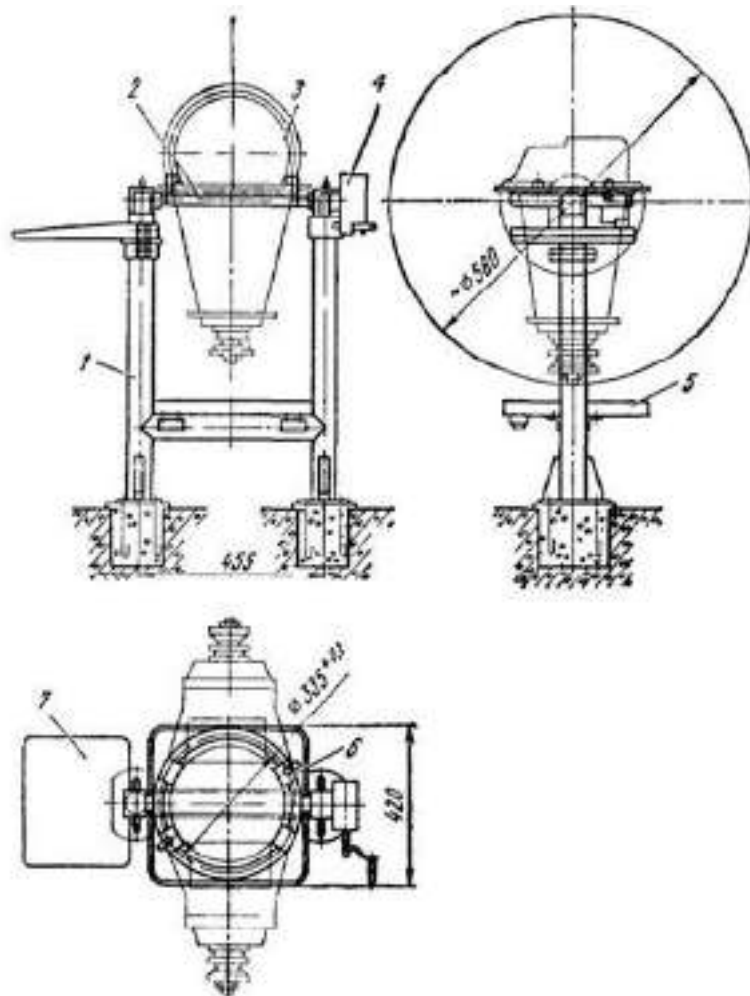
Недоліки:

1. Проводиться ремонт редуктора тільки однієї марки автомобіля – ГАЗ.
2. Велика металоємність стенду.

Наступний стенд Б252АМ призначений складання й розбирання редукторів задніх мостів автомобілів. Він використовується на виробництвах, на станціях ТО, в автобусних та автомобільних парках, у майстернях. Б252АМ виготовляється з міцної сталі, яка покривається порошковою фарбою. Вона захищає виріб від корозії й інших ушкоджень. Стенд оснащується двома лотками для деталей та інструментів, а також спеціальною педаллю для обертання платформи, на яку встановлюється редуктор. Сам редуктор фіксується на спеціальних кріпленнях. Стенд Б252АМ відповідає стандартам якості й безпеки, зручний у використанні й має високі ергономічні характеристики [6] – рис. 2.2.

Наступний стенд Р-640 – незамінне придбання для власників автомайстерень і для тих, чиїм пріоритетним напрямком діяльності є ремонт редукторів заднього мосту вантажних автомобілів. Стенд Р-640 створений винятково для ремонту, чищення й ТО редукторів автомобілів марки ЗІЛ і КамАЗ. Ідеально продумана конструкція стенду забезпечує зручність у роботі [7, 8] – рис. 2.3.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – стояк; 2 – вісь; 3 – редуктор; 4 – рукоять повороту; 5 – перемичка; 6 – каркас; 7 – механізм повороту

**Рисунок 2.1 – Стенд Р-236**



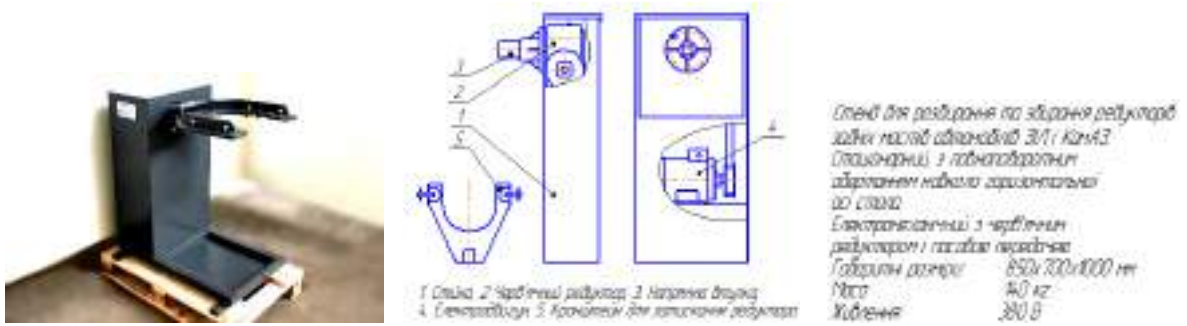
**Рисунок 2.2 – Стенд Б252АМ**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

27



**Рисунок 2.3 – Стенд Р-640**

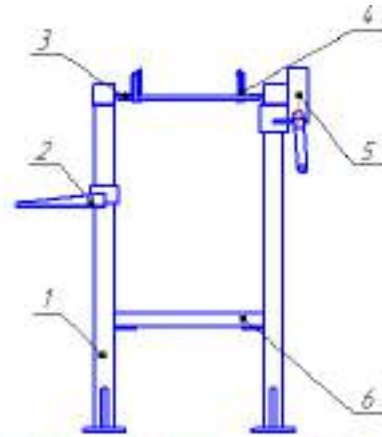
Стенд для ремонту редукторів Р-620 призначений для якісного й швидкого розбирання-складання редукторів задніх автомобільних мостів. Будова стаціонарної моделі, через більші розміри ремонтованої техніки, має досить значні масу й габарити. Устаткування не призначене для частого переносу з місця на місце. Запуск агрегату проводиться за допомогою ручного приводу [9, 10] – рис. 2.4.



**Рисунок 2.4 – Стенд Р-620**

На рис. 2.5 наведено стенд розбирання-складання редукторів задніх мостів автомобілів ЗІЛ (модель 3022 – [11]).

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 Стійка 2 Лоток 3 Стій кільцевий 4 Зажим 5 Черв'ячний редуктор 6 Піддон

Стенд для розбирання та збирання редукторів задніх мостів автомобілів ЗНІ

Стационарний, з подвійним обертанням навколо горизонтальної осі стола

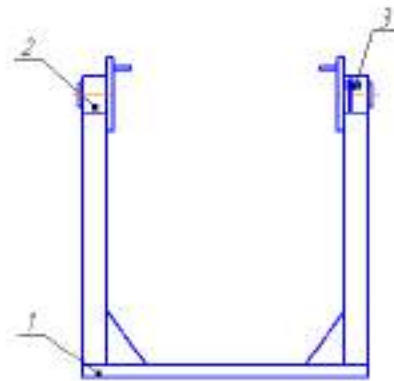
Черв'ячний редуктор ручний

Габаритні розміри: 740x480x950 мм

Маса: 43,7 кг

**Рисунок 2.5 – Стенд моделі 3022**

На рис. 2.6 наведено стенд розбирання-складання редукторів задніх мостів (модель 17-13 – [12]).



1 Піддон 2 Опора 3 Фіксатор

Стенд для розбирання та збирання редукторів

Стационарний, з подвійним обертанням навколо горизонтальної осі стола

Ручний

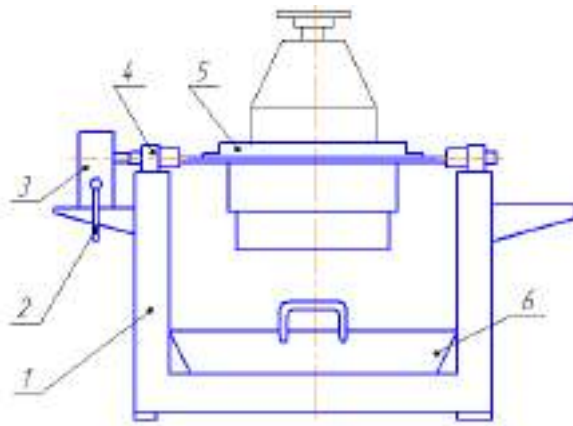
Габаритні розміри: 955x600x925 мм

Маса: 60 кг

**Рисунок 2.6 – Стенд моделі 17-13**

На рис. 2.7 наведено стенд розбирання-складання редукторів задніх мостів моделі 24-15 автомобілів БелАЗ [13].

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1. Картус, 2. Рухомка, 4. Черв'ячний редуктор, 5. Кантувач  
6. Піддон для зливання масла

Стенд для розбирання та збирання  
редукторів заднього моста  
автомобіля БелАЗ  
Стационарний з подоворотним  
обертанням навколо горизонтальної  
осі стола  
Черв'ячний редуктор, думний  
Габаритні розміри: 955x600x925 мм  
Маса: 16,1 кг

**Рисунок 2.7 – Стенд моделі 24-15**

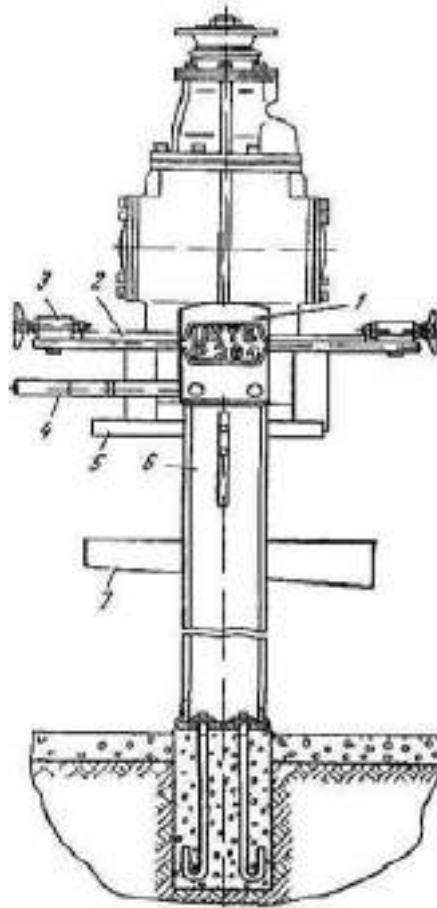
У вищеперерахованих моделях моделей стендів є ряд недоліків: вони можуть використовуватися для ремонту тільки певної марки автомобілів, що недоцільно внаслідок великої різномарочності рухомого складу. Через це виникає потреба у великій кількості обладнання, а, отже, і в більшій площі. Розглянуті стенди доцільно застосовувати на спеціалізованих ремонтних підприємствах з більшим числом ремонтів у рік, щоб устаткування не простоювало.

Враховуючи недоліки серійних аналогів пристроїв для розбирання-складання ведучих мостів автомобілів розроблена власна конструкція.

У якості базової моделі для порівняння брався стенд Р-284 [14], призначений для розбирання-складання головної передачі заднього мосту автомобілів ЗІЛ-130 і КамАЗ (рис. 2.8), технічна характеристика якого наведена у табл. 2.1.

**Таблиця 2.1 – Технічна характеристика стенду Р-284**

Тип	стаціонарний
Редуктор	черв'ячний
Передаточне число редуктора	27
Кут повороту стола, град.	360
Габаритні розміри, мм.	830x580x765
маса, кг.	85



**Рисунок 2.8 – Стенд Р-284**

Недоліки:

1. За допомогою стенду проводиться ремонт двох марок автомобілів ЗІЛ-130 і КамАЗ.

2. Велика металоємність стенду.

У зв'язку з тим, що вищеописані стенди для ремонту редукторів автомобілів мають як у технологічному, так і в економічному плані недоліки, приймаємо рішення спроектувати власний стенд для розбирання-складання редукторів мостів вантажних автомобілів.

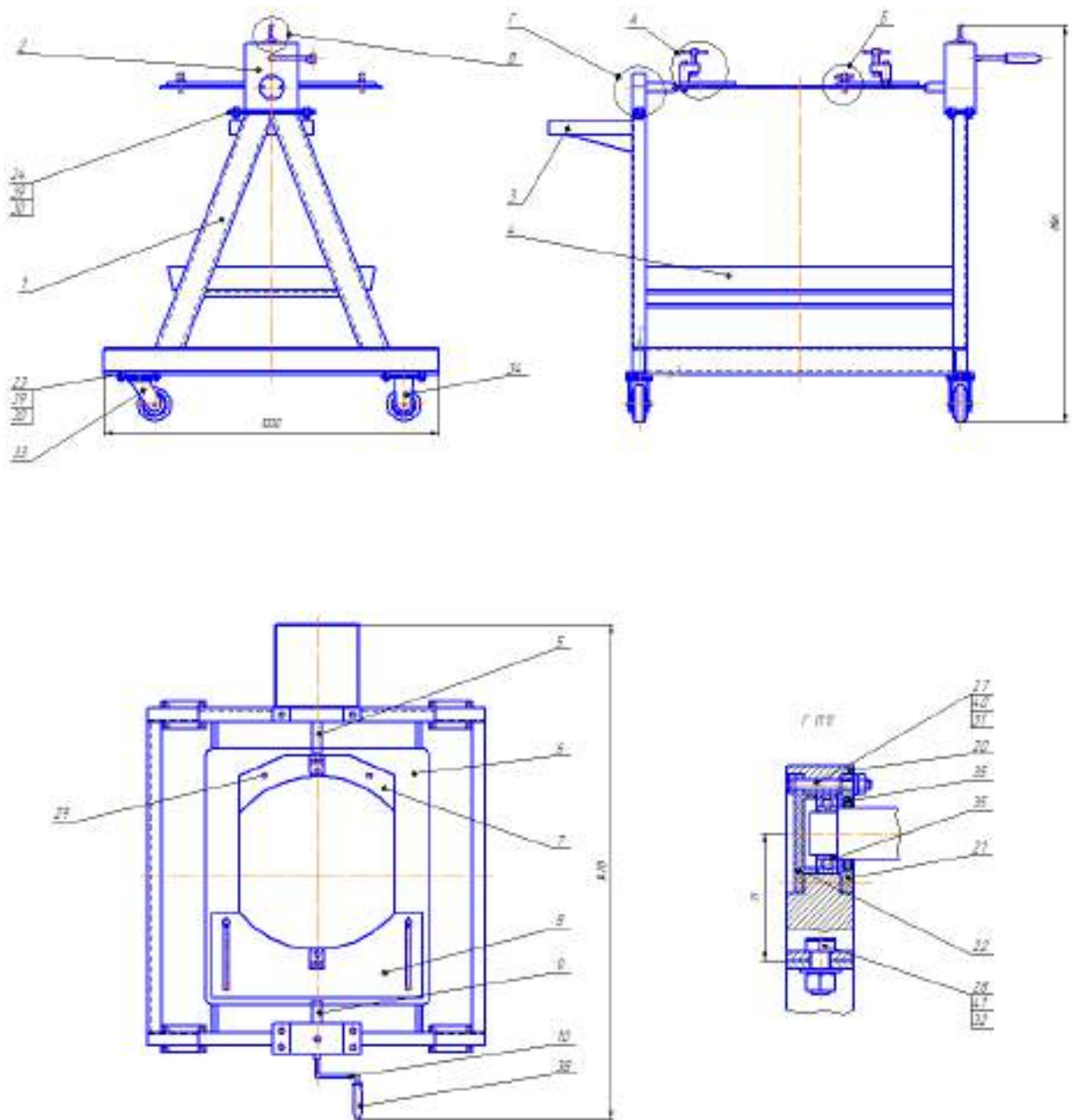
На підставі огляду існуючих стендів та устаткування для ремонту редукторів пропонується конструкція пристрою, яка дозволяє скоротити час простою ремонтної техніки.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний пристрій призначений для швидшого й зручнішого розбирання-складання редукторів мостів автомобілів на вузли й деталі. У результаті підвищується механізація й автоматизація процесу.

### 2.3 Опис стану й принципу дії

Стенд (рис. 2.9) призначений для провертання редукторів мостів автомобілів навколо горизонтальної осі. Його маса становить 70 кг.

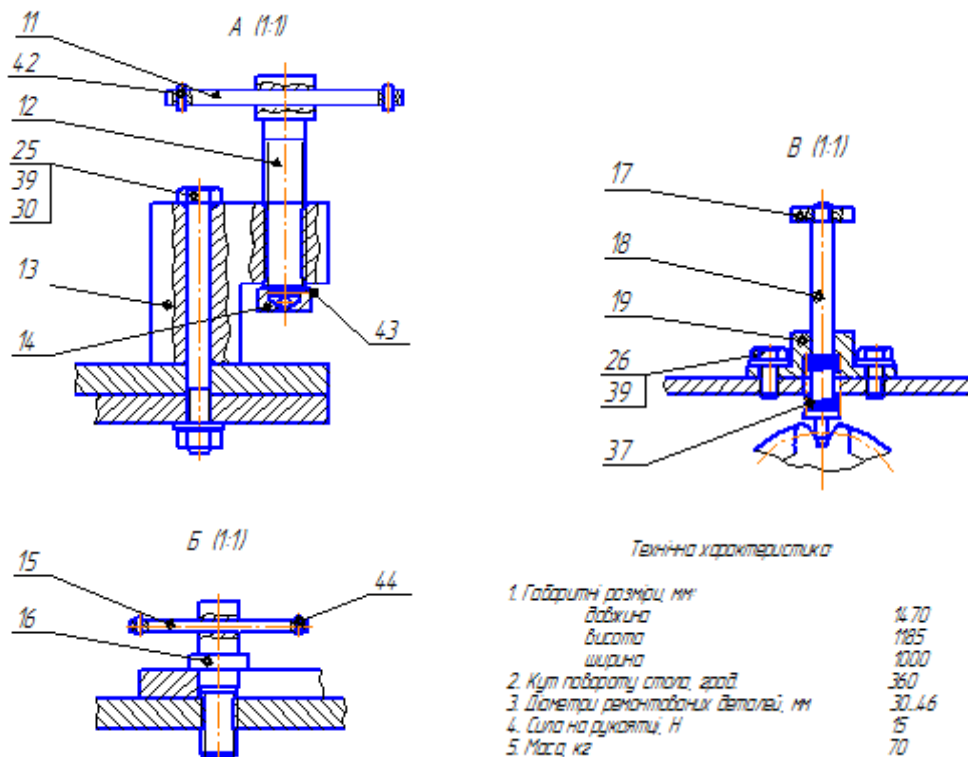


Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

32



- 1 – рама; 2 – редуктор; 3 – лоток; 4 – ванна; 5 – поворотний вал; 6 – стіл;  
7 – стулка нерухома; 8 – стулка рухома; 9 – поворотний вал;  
10 – рукоятка; 11 – ручка; 12 – гвинт; 13 – замок; 14 – упор; 15 – ручка;  
16 – гвинт; 17 – гайка; 18 – палець; 19 – напрямна; 20 – корпус опори;  
21 – кришка наскрізна; 22 – кришка глуха; 23 – болт М8-6g x 20 ГОСТ 7808-70;  
24 – болт М10-6g x 22 ГОСТ 7808-70; 25 – болт М8-6g x 85 ГОСТ 7808-70; 26 – болт М6-6g x 10 ГОСТ 7808-70; 27 – болт М6-6g x 45 ГОСТ 7808-70; 28 – болт М12-6g x 25 ГОСТ 7808-70; 29 – болт М8-6g x 20 ГОСТ Р 17475-80; 30 – гайка М8 ГОСТ 5915-70; 31 – гайка М6 ГОСТ 5915-70; 32 – гайка М12 ГОСТ 5915-70; 33 – колесо 2В-100-100 ГОСТ11112-70; 34 – колесо 2Г-100-100 ГОСТ111-70; 35 – кільце 30 ГОСТ 6308-71; 36 – підшипник 105 ГОСТ 8338-75; 37 – пружина 7039- 2011 ГОСТ 13165-67; 38 – ручка 15 ГОСТ 1487-73; 39 – шайба 8 ГОСТ 11371-72; 40 – шайба 6 ГОСТ 11371-72; 41 – шайба 12 ГОСТ 11371-72; 42 – штифт 3 к6 x 8 ГОСТ 10774-80; 43 – штифт 1 к6 x 6 ГОСТ 10774-80; 44 – штифт 2 к6 x 6 ГОСТ 10774-80

**Рисунок 2.9 – Стенд розбирання-складання редукторів мостів вантажних автомобілів**

Стенд оснащений редуктором з ручним приводом, який монтується на його рамі; підшипникового вузла; поворотного стола; пристрою для фіксації стола; пристроїв для закріплення редуктора; коліс для переміщення стенду (два з яких поворотні).

Принцип дії й роботи стенду полягає у наступному. Корпус редуктора мосту автомобіля встановлюється у посадкове місце стола й кріпиться за допомогою замків, які встановлені на стулках. Стулки призначені для універсальності стенду і дозволяють закріплювати редуктори різних діаметрів.

За допомогою рукояті обертання через редуктор подається на поворотні вали, до яких кріпиться стіл. При певному положенні, зручному для монтажу редуктора, припиняється обертання рукоятки й за допомогою фіксатора, палець якого вставляється між зубами шестірні редуктора, створюється нерухоме положення конструкції під будь-яким кутом.

## 2.4 Розрахунки й вибір коліс

Для вибору колеса необхідно визначити навантаження, яке на нього може діяти:

$$P = \frac{Q_C + Q_P}{n} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (2.1)$$

де  $Q_C$  – вага стенду,  $Q_C = 700$  Н;

$Q_P$  – вага редуктора, для зручності розрахунків прийmemo  $Q_P = 400$  Н;

$n$  – кількість коліс ( $n = 4$ );

$k_1$  – коефіцієнт, який враховує режим роботи ( $k_1 = 1,3-2,0$ );

$k_2$  – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу навантаження ( $k_2 = 1,8-2,5$ ).

Тоді:

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = \frac{700 + 400}{4} \cdot 1,5 \cdot 2,0 = 825 \text{ Н.}$$

За знайденим значенням навантаження  $P = 825 \text{ Н}$  (або  $82,5 \text{ кг}$ ), вибираємо з довідника Колесо 2В-100-100 (поворотне колесо [15]) і Колесо 2Г-100-100 (неповоротне колесо [16]).

## 2.5 Розрахунки сили на перекочування стенду

Для коліс опір руху визначають, як суму сил тертя кочення коліс по бетону й сил тертя в підшипниках цих коліс:

$$F = V \cdot (W + S) \quad (2.2)$$

де  $V$  – загальне навантаження на опорні колеса, Н;

$W$  – коефіцієнт тертя кочення ходових коліс, ( $W = 0,05-0,07$ );

$S$  – коефіцієнт тертя в підшипниках ( $S = 0,01-0,02$ );

$$V = 4P \quad (2.3)$$

де  $P$  – навантаження на опорне колесо, Н;

4 – число коліс.

$$V = 3300 \text{ Н.}$$

$$F = 3300 \cdot (0,05 + 0,02) = 231 \text{ Н.}$$

Таким чином, для пересування стенду буде потрібна сила  $F = 231 \text{ Н}$ .

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Розрахунки сили на поворотній рукоятці

Для розрахунків сили на рукоятці необхідно визначити крутні моменти на поворотному валу:

$$M = Q_P \cdot l, \quad (2.4)$$

де  $Q_P$  – вага редуктора, Н;

$l$  – відстань до центру ваги редуктора, прийmemo  $l = 0,015$  м.

$$M = 400 \cdot 0,015 = 6 \text{ Нм.}$$

Сила на рукоятці:

$$T = \frac{M}{a \cdot i \cdot \eta}, \quad (2.5)$$

де  $a$  – довжина рукоятки, м;

$i$  – передаточне відношення редуктора;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії циліндричного редуктора,  $\eta = 0,99$ .

Для повертання редукторів сила на рукоятці може досягати  $T = 15,15$  Н (або 1,515 кг) – [17].

## 2.7 Вибір елементів рами

Так як вага редукторів не перевищує 400 Н, то вибір елементів рами здійснюється, виходячи з технологічних міркувань і з урахуванням зручності монтажу.

Основна конструкція виконана зі Швелера №8 ГОСТ 8240-72, поперечні балки виконані зі Швелера №5 ГОСТ 8240-72, ползок для утримання й переміщення

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ємності для мастила, яке стікає з редуктора, виготовлені з Куточка №2 ГОСТ 8509-72. Маса рами склала 48 кг.

## 2.8 Техніко-економічна оцінка конструкторської розробки

### 2.8.1 Розрахунки вартості конструкції

Вартість розробки:

$$C_B = C_{\text{питі}} \cdot G_i \cdot J_i \cdot K_{\text{нц}}, \quad (2.6)$$

$C_{\text{питі}}$  – питома оптова ціна одного кілограма маси конструкції даного типу, грн.;

$G_i$  – маса відповідного вузла, кг;

$J_i$  – коефіцієнт, враховуючий зміну в досліджуваному періоді;

$K_{\text{нц}}$  – коефіцієнт, враховуючий торговельну націнку, податок на додану вартість, витрати на монтаж ( $K_{\text{нц}} = 1,5$ ).

Розрахунки зведемо в табл. 2.1.

**Таблиця 2.1 – Розрахунки вартості засобів**

Найменування деталі й матеріалу	Кількість деталей	Загальна маса, кг	Ціна 1кг., грн.	Вартість, грн.	$K_{\text{нц}}$	$J_i$	Повна вартість, грн.
1. Швелер №8	8	56,4	12	676,8	1,5	1,08	1096,42
2. Швелер №5	2	9,68	10	96,8	1,5	1,08	156,82
3. Куточок №2	2	1,8	5	9,0	1,5	1,08	14,58
4. Лист 10 мм	3	17,5	11	192,5	1,5	1,08	311,85
5. Лист 5 мм	7	2,3	7	16,1	1,5	1,08	26,08
6. Круглий прокат	14	5,2	9	46,8	1,5	1,08	75,82
7. Квадрат 40 мм	2	1,36	15	20,4	1,5	1,08	33,05
8. Сума загальна		94,24		1058,4			1714,62

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 2.8.2 Розрахунки техніко-економічних показників

Для подальшого розрахунків складемо табл. 2.2. У якості базової моделі для порівняння брався стенд Р-284 (аналог).

**Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунків техніко-економічних показників**

Найменування	Варіант	
	Базовий	Проектований
1. Маса конструкції, кг.	50	70
2. Балансова вартість, грн.	1100	1700
3. Споживана потужність, кВт.	–	–
4. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
5. Розряд роботи	2	2
6. Тарифна ставка, грн./чол.-год.	2,8	2,8
7. Норма амортизації, %	14	14
8. Норма витрат на ремонт та обслуговування, %	1,5	1,5
9. Річне завантаження конструкції, год.	1040	2070

Розрахунки ведемо для проектового стенду. Годинна продуктивність:

$$W_{\text{год.}} = 60 \frac{t}{T_{\text{ц}}} \quad (2.7)$$

$t$  – коефіцієнт використання робочого часу зміни (0,6-0,9);

$T_{\text{ц}}$  – час одного робочого циклу, хв.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$W_{\text{год.}} = 60 \frac{0.8}{263} = 0.183 \frac{\text{од.}}{\text{год.}}$$

Металоємність процесу:

$$M_e = \frac{G_i}{W_{\text{год.}} T_{\text{рік.}} T_{\text{ел}}} \quad (2.8)$$

$G_i$  – маса машини, кг;

$T_{\text{рік.}}$  – річне завантаження машини, год.;

$T_{\text{сл}}$  – термін служби машини, років.

$$M_e = 70 / (0,183 * 2070 * 7) = 0,026 \text{ кг./од.}$$

Фондомісткість процесу:

$$F_e = \frac{C_{\bar{b}}}{W_{\text{год.}} T_{\text{год.}}} \quad (2.9)$$

$C_{\bar{b}}$  – балансова вартість стенду розбирання-складання редукторів мостів вантажних автомобілів, грн.

$$F_e = 1700 / (0,183 * 2070) = 4,49 \text{ грн./од.}$$

Трудомісткість процесу:

$$T_e = \frac{N_{\text{обсл.}}}{W_{\text{год.}}} \quad (2.10)$$

де  $N_{\text{обсл}}$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_e = 1/0,183 = 5,46 \text{ чол.-год. / од.}$$

Собівартість роботи, виконуваної за допомогою спроектованої конструкції:

$$S_{експ} = C_{зн} + C_e + C_{ро} + A + I_n, \quad (2.11)$$

де  $C_{зн}$  – витрати на оплату праці з єдиним соціальним податком, грн./од.;

Тут:

$$C_{зн} = Z \cdot T_i \cdot K_{соц}, \quad (2.12)$$

де  $Z$  – годинна тарифна ставка робітників, грн./од.;

$K_{соц}$  – коефіцієнт враховуючий єдиний соціальний податок,  $K_{соц} = 1,356$ .

$$C_{зн} = 2,8 \cdot 5,46 \cdot 1,356 = 20,73 \text{ грн./од.}$$

$C_e$  – витрати на електроенергію, грн./од. ( відсутні);

$C_{ро}$  – витрати на ремонт і обслуговування, грн./од.;

Тут:

$$C_{ро} = (Cб. \cdot Н_{ро}) / (100 \cdot W_{год.} \cdot T_{год.}), \quad (2.13)$$

де  $Н_{ро}$  – норма витрат на ремонт і обслуговування, %.

$$C_{ро} = (1700 \cdot 1,5) / (100 \cdot 0,183 \cdot 2070) = 0,07 \text{ грн./од.}$$

$A$  – витрати на амортизаційні відрахування, грн./од.;

Тут:

$$A = (Cб. \cdot Н_a) / (100 \cdot W_{год.} \cdot T_{год.}), \quad (2.14)$$

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $H_a$  – норма витрат на амортизаційні відрахування, %.

$$A = (1700 \cdot 15) / (100 \cdot 0,183 \cdot 2070) = 0,67 \text{ грн./од.}$$

$I_n$  – інші витрати, (5-10% від суми попередніх елементів).

Тут:

$$I_n = (A + C_{po}) \cdot 0,1, \quad (2.15)$$

$$I_n = (0,67 + 0,07) \cdot 0,1 = 0,074 \text{ грн./од.}$$

$$S_{експ} = 20,73 + 0,07 + 0,67 + 0,07 = 21,54 \text{ грн./од.}$$

Рівень наведених витрат на роботу конструкції:

$$C_{пр} = S_{експ} + E_n \cdot K_{ит}, \quad (2.16)$$

де  $K_{ит}$  – питомі капітальні вкладення або фондомісткість процесу, грн./од.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

$$C_{пр} = 21,54 + 0,15 \cdot 4,49 = 22,21 \text{ грн.}$$

$$E_{річне} = (S_0 - S_1) \cdot W_{ч} \cdot T_{річне}, \quad (2.17)$$

де  $T_{річне}$  – річне завантаження машини, год..

$$E_{річне} = (22,66 - 21,54) \cdot 0,183 \cdot 2070 = 424,27 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_{Крічн} = E_{річне} - E_n \cdot K_{дод}, \quad (2.18)$$

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $K_{дод}$  – капітальні додаткові вкладення рівні балансової вартості конструкції, грн..

$$EK_{річн} = 424,27 - 0,15 * 1700 = 169,27 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних додаткових вкладень:

$$T_{ок} = Cб / EK_{річн}, \quad (2.19)$$

де  $Cб$  – балансова вартість підйомника, грн..

$$T_{ок} = 1700 / 169,27 = 10 \text{ р.}$$

За результатами розрахунків заповнимо табл. 2.3.

**Таблиця 2.3 – Техніко-економічні показники**

Найменування	Базовий	Проектований	Проектований до базового у %
1. Годинна продуктивність машини, од/год.	0,183	0,183	100
2. Енергоємність процесу, квт.-год./од.	–	–	–
3. Металоємність процесу, кг/од.	0,053	0,026	49
4. Фондомісткість, грн./од.	5,78	4,49	78
5. Трудомісткість, чол.-год./од.	5,46	5,46	100
6. Собівартість роботи, грн./од.	21,79	21,54	99
7. Витрати на електроенергію, грн./ квт.-год.			
8. Витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./од.	0,09	0,07	78

9. Витрати на амортизацію, грн./од.	0,87	0,67	77
10. Інші витрати, грн./од.	0,096	0,074	77
11. Витрати на зарплату, грн./од.	20,73	20,73	100
12. Рівень наведених витрат, грн./од.	22,66	22,21	98
13. Річна економія, грн.	424,27		
14. Річний економічний ефект, грн.	169,27		
15. Строк окупності, років	10		
16. Коефіцієнт ефективності	0,1		

Фактичний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

$$E_{ef} = 1/T_{ок}, \quad (2.20)$$

$$E_{ef} = 1/10 = 0,1.$$

Таким чином, спроектований стенд для розбирання-складання редукторів мостів автомобілів економічно й технологічно ефективний.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Застосування SW для моделювання напружено-деформованого стану рухомої ступки 08 стенду

У даному дослідженні визначена працездатність стенду для ремонту редукторів мостів автомобілів (рис. 2.9, Б1). Дане пристосування значно зменшує трудомісткість робіт й підвищує якість і зручність розбирання-складання.

Його принцип дії полягає у тому, що редуктор встановлюється у посадкове місце столу і кріпиться за допомогою замків, які встановлені на ступках (призначені для універсальності стенду і дозволяють закріплювати редуктори різних розмірів). Тому й дослідимо за допомогою додатку 3D-системи гібридного автоматизованого проектування, інженерного аналізу й підготовки виробництва виробів SW [18] – SWS, чи вірно визначені розміри рухомої ступки стенду.

Розглянемо одну з найбільш навантажених деталей стенду розбирання-складання редукторів мостів вантажних автомобілів – ступку рухому (рис. Б12). Аналіз скінченних елементів забезпечує надійний чисельний метод. Розрахунок починається зі створення геометричної моделі (рис. 3.1).

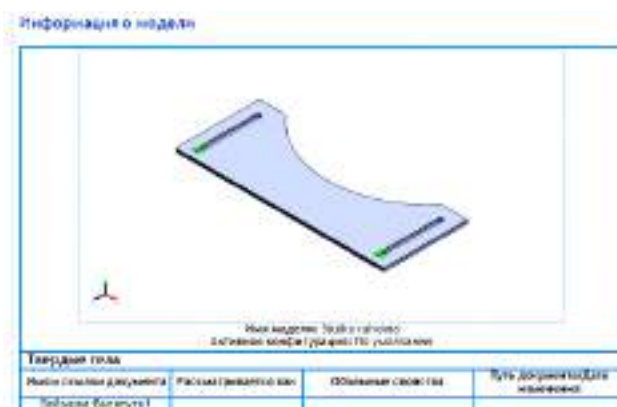


Рисунок 3.1 – Інформація про модель ступки рухомої

Наступний етап – вибір матеріалу ступки рухомої – сталі 45 (рис. 3.2 – [19]) з бібліотеки SW (рис. 3.3.).

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

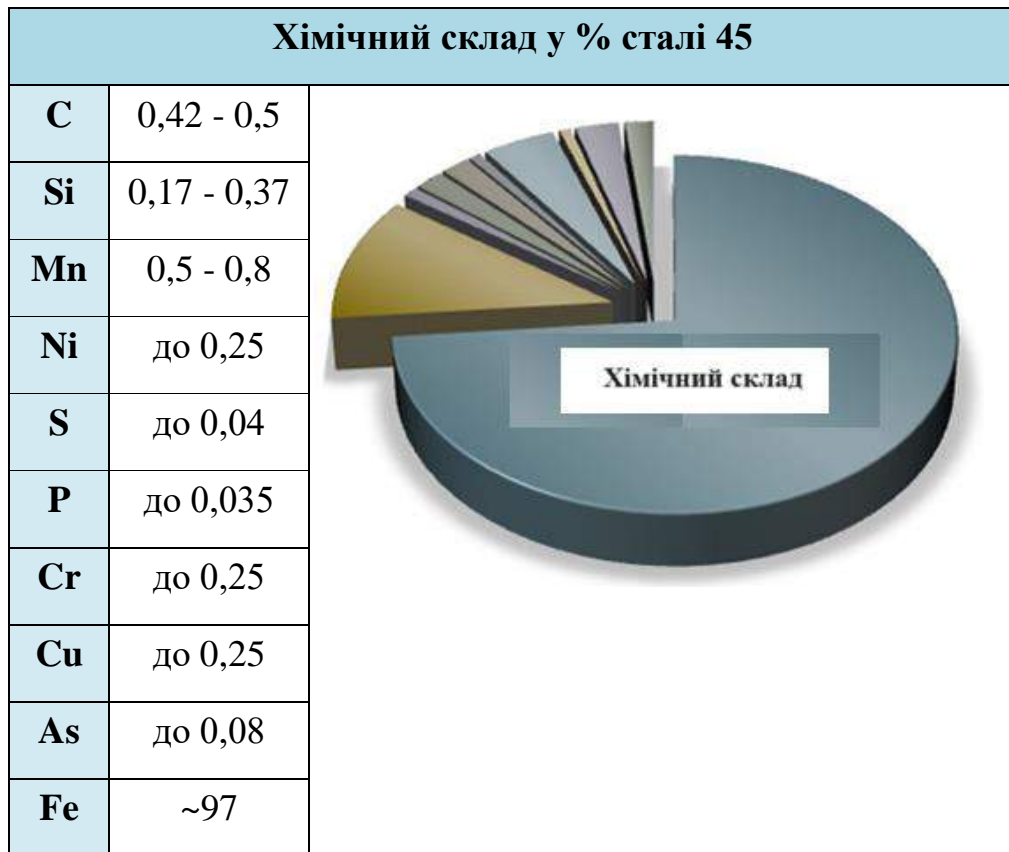


Рисунок 3.2 – Вибір матеріалу стулки рухомої

Свойства материала		
Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя:	Сталь 45 ГОСТ 535-88
	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный
	Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises
	Предел текучести:	8,3e+08 N/m <sup>2</sup>
	Предел прочности при растяжении:	9,8e+08 N/m <sup>2</sup>
	Модуль упругости:	2,04e+11 N/m <sup>2</sup>
	Коэффициент Пуассона:	0,3
	Массовая плотность:	7 826 kg/m <sup>3</sup>
	Модуль сдвига:	7,8e+10 N/m <sup>2</sup>
	Коэффициент теплового расширения:	1,19e-05 /Kelvin
Данные кривой: N/A		Твердое тело 1(Бобышка-Вытянутый)(Stulka ruhomoi)

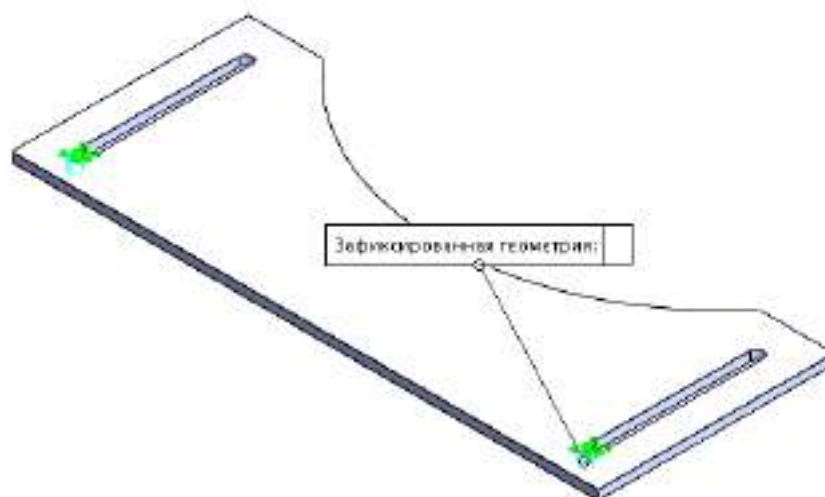
Рисунок 3.3 – Матеріал стулки рухомої

Для проведения статического анализа:

– проведено закріплення моделі (рис. 3.4);

### Нагрузки и крепления

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксированный-1		Объекты: 2 грани Тип: Зафиксированная геометрия		
<b>Результирующие силы</b>				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующий
Сила реакции(N)	0,107849	-1 400,63	-0,0895048	1 400,63
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0



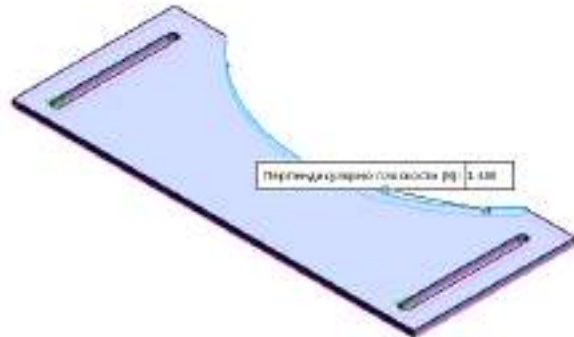
**Рисунок 3.4 – Закріплення моделі ступки рухомої**

– прикладене навантаження – вага редуктора (1400 Н – [19-23] – моделювався екстремальний випадок – установка редуктора мосту на крайку тільки рухомої ступки) – рис. 3.5;

Потім програма ділить модель на маленькі частини простої форми (елементи), з'єднані у спільних точках (вузлах): програма аналізу скінченних елементів розглядає модель як мережу дискретних зв'язаних між собою елементів (сітку). МСЕ прогнозує поведінку моделі за допомогою зіставлення інформації, одержаної від усіх елементів, з яких складається модель.

Створення сітки – дуже важливий етап в аналізі конструкцій.

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани Справочный: Грань < 1 > Тип: Приложить силу Значения: ---; ---; 1 400 N



**Рисунок 3.5 – Формування картини навантажень ступки рухомої**

У нашому дослідженні параметри сітки наступні: якість висока, 4 точки Якобіана, розмір елемента 10,4885 мм, допуск 0,524425 мм, всього вузлів 17723, всього елементів 9526, максимальне співвідношення сторін 4,9215, перекручених елементів Якобіана – 0% (рис. 3.6).

Розрахунками визначені результуючі сили, які представлені на рис. 3.7.

Результатом статичного аналізу є епюри напружень, переміщень, деформації, запасу міцності. Встановлено, що вузлові максимальні напруження Von Mises, переміщення URES і деформація ESTRN, а також запас міцності ступки рухомої FOS не перевищують допустимих значень (рис. 3.8-3.11): коефіцієнт запасу міцності  $n = 3,165$ , що більше допустимого  $[n] = 2,5$  [20].

Информация о сетке	
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл.
Включить автоциклы сетки:	Выкл.
Точки Якобиана для сетки высокого качества	4 точки
Размер элемента	10,4885 mm
Допуск	0,524425 mm
Качество сетки	Высокая

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	17723
Всего элементов	9526
Максимальное соотношение сторон	4,9215
% элементов с соотношением сторон < 3	99,4
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0
Процент искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:05
Имя компьютера:	

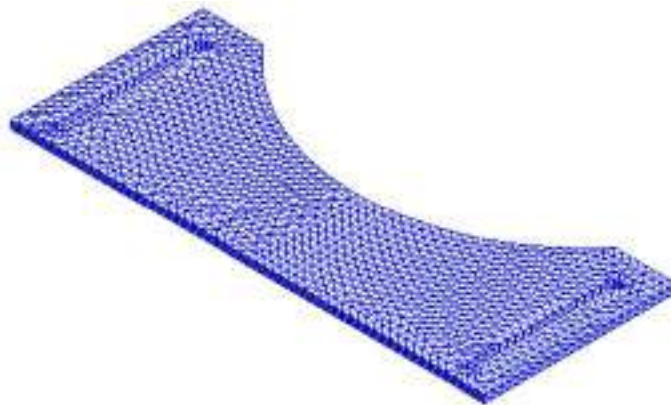


Рисунок 3.6 – Параметри й скінченно-елементна сітка стулки рухомої типу „на твердому тілі”

Результирующие силы

Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всех узлов	N	8,107847	-1,480,03	-0,0889048	1,490,83

Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всех узлов	N, кг	0	0	0	0

Силы свободных тел

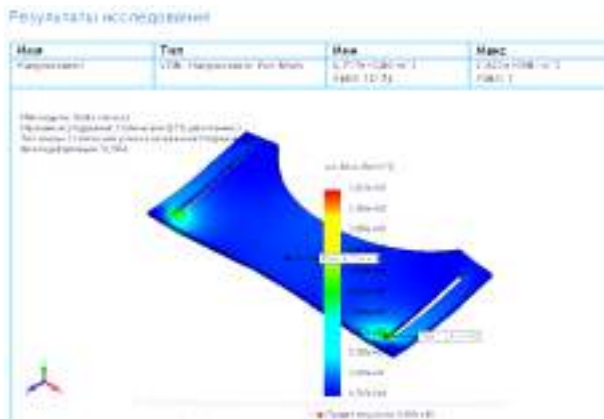
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всех узлов	N	8,106447	-1,48116	0,080539	8,265,03

Моменты свободных тел

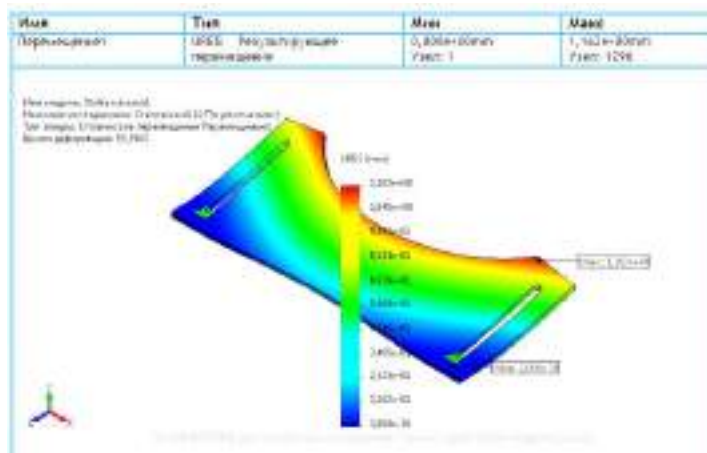
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всех узлов	N, кг	0	0	0	16-32

Рисунок 3.7 – Результиручі сили, діючі на стулку рухому

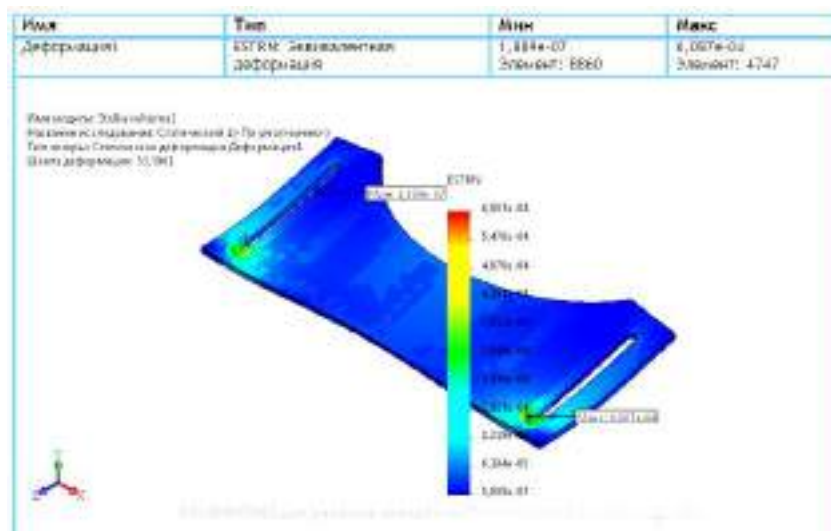
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



**Рисунок 3.8 – Контурний графік сумарних напружень von Mises ступки рухомої**

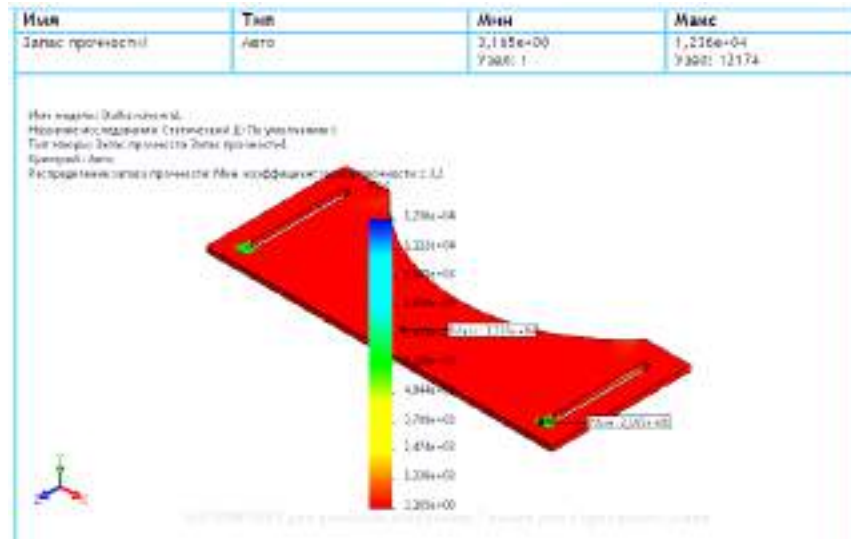


**Рисунок 3.9 – Контурний графік сумарних переміщень URES ступки рухомої**



**Рисунок 3.10 – Контурний графік сумарних деформацій ESTRN ступки рухомої**

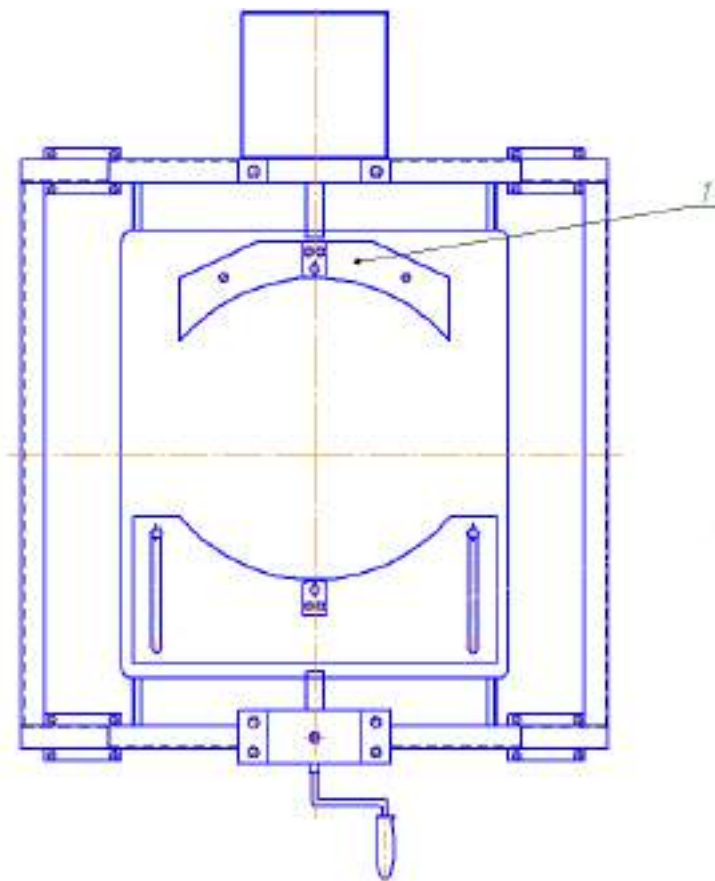
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



**Рисунок 3.11 – Контурний графік запасу міцності FOS ступки рухомої**

#### 4 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану нерухомої стулки 07 стенду

Розглянемо наступну найбільш навантажену деталь стенду розбирання-складання редукторів мостів вантажних автомобілів (рис. 4.1) – стулку нерухому (рис. Б11). У SWS проведемо статичний аналіз її моделі для отримання картини її напружено-деформованого стану.



1 – стулка нерухома

**Рисунок 4.1 – Стенд розбирання-складання редукторів мостів вантажних автомобілів**

Умови роботи деталі в складальній одиниці: змінні згинаючі навантаження. Тому вимога до деталі: міцність на згин.

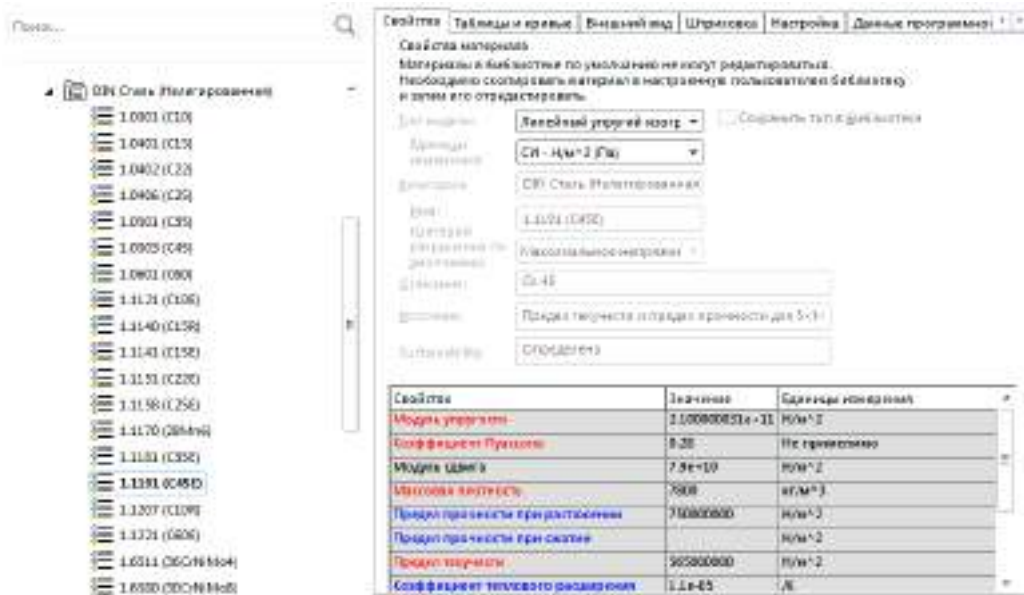
Інформація про модель стулки нерухомої наведена на рис. 4.2.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



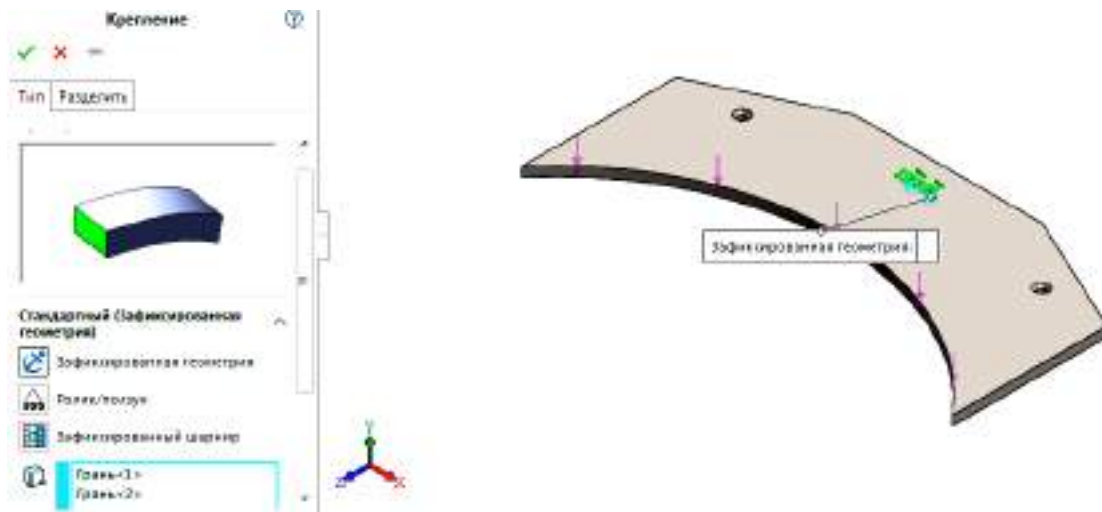
**Рисунок 4.2 – Інформація про модель ступки нерухомої**

Матеріал деталі: сталь 45. Цей вид сталі піддається термообробці та служить відмінним матеріалом для деталей, від яких потрібна підвищена міцність. Тому бібліотеки SolidWorks Simulation вибрали аналог сталі 45 – сталь DIN 1.1191 (C45E) – рис. 4.3.



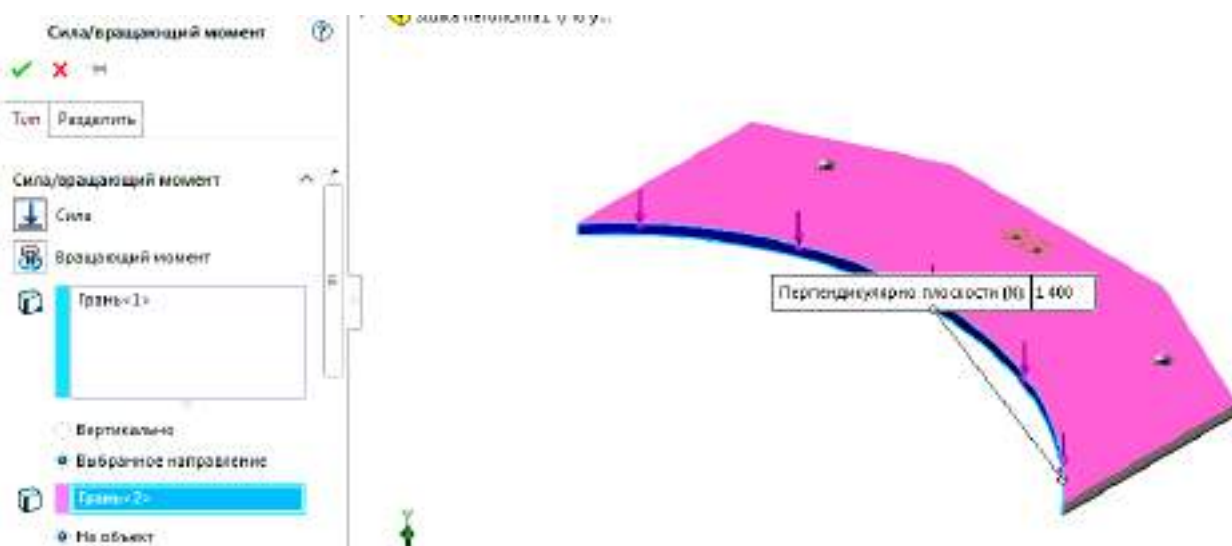
**Рисунок 4.3 – Вибір матеріалу ступки нерухомої з бібліотеки SolidWorks**

Дефініція опор ступки нерухомої наведена на рис. 4.4.



**Рисунок 4.4 – Дефініція опор ступки нерухомої**

Прикладене навантаження (вага редуктора 1400 Н – [21-25]): моделювався екстремальний (аварійний) випадок – установка редуктора мосту на крайку тільки нерухомої ступки – рис. 4.5.



**Рисунок 4.5 – Прикладення навантаження**

Отримані дані відображені на рис. 4.6.

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

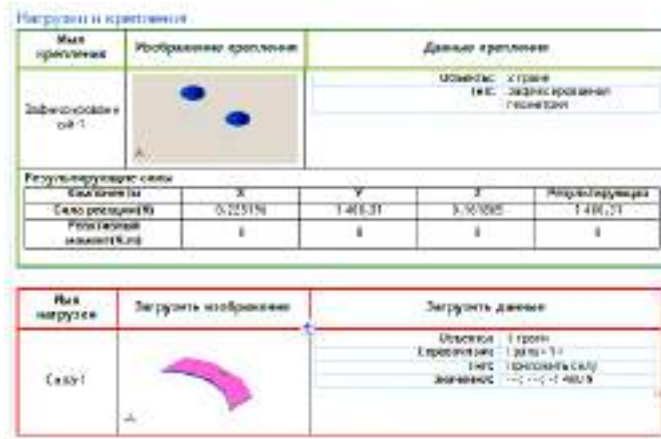


Рисунок 4.6 – Навантаження на ступку нерухому та її кріплення

Побудована сітка скінчених елементів – рис. 4.7.

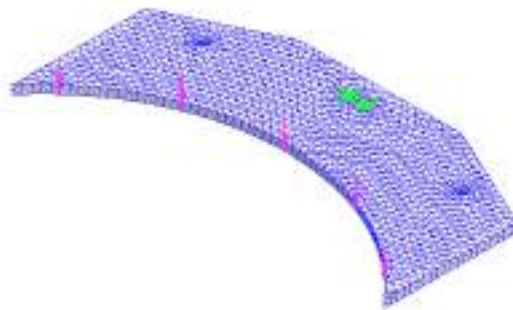
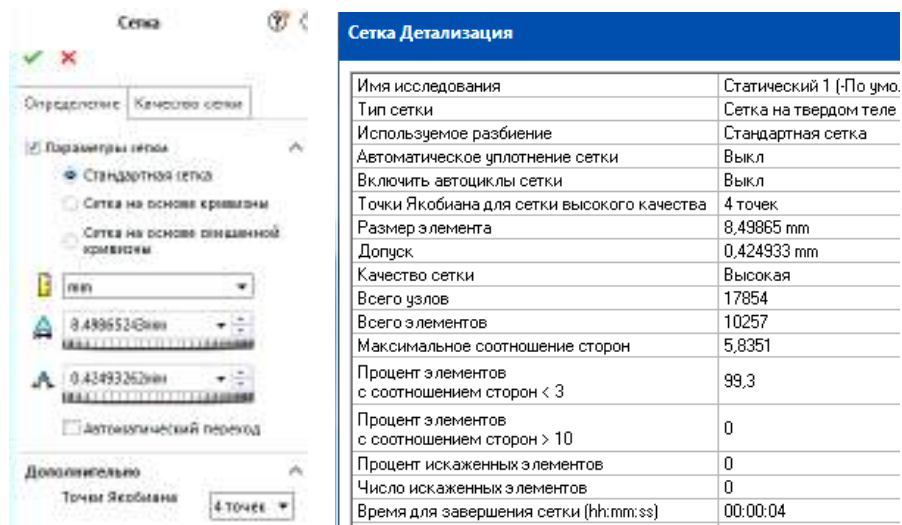


Рисунок 4.7 – Параметры сетки та її відображення на твердому тілі ступки нерухомої

Визначено компоненти напружено-деформованого стану (на рис. 4.8 результати статичного аналізу відображаються у вигляді кольорового градієнта, який показує зміною кольору розподіл розрахованих параметрів).

Результирующие силы

Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
все_модели	N	0,225199	1400,31	1,161865	1400,31

Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
все_модели	N.m	0	0	0	0

Силы свободных тел

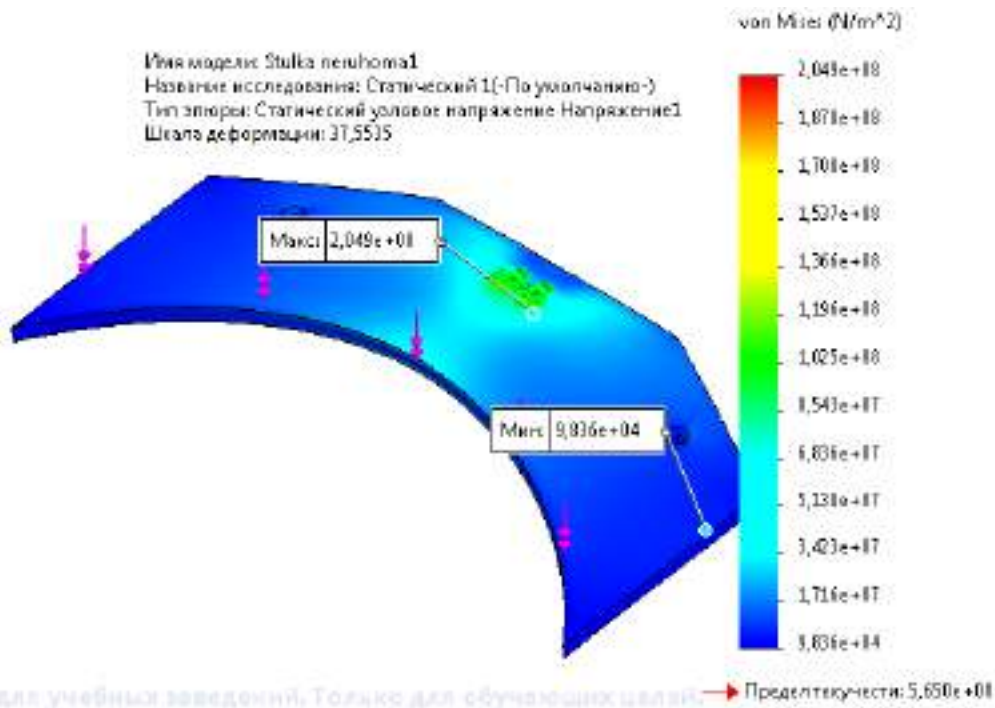
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
все_модели	N	-0,403668	-3,91212	1,1558	1,9166

Моменты свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
все_модели	N.m	0	0	0	1e-32

а – отримані у розрахунках сили та моменти

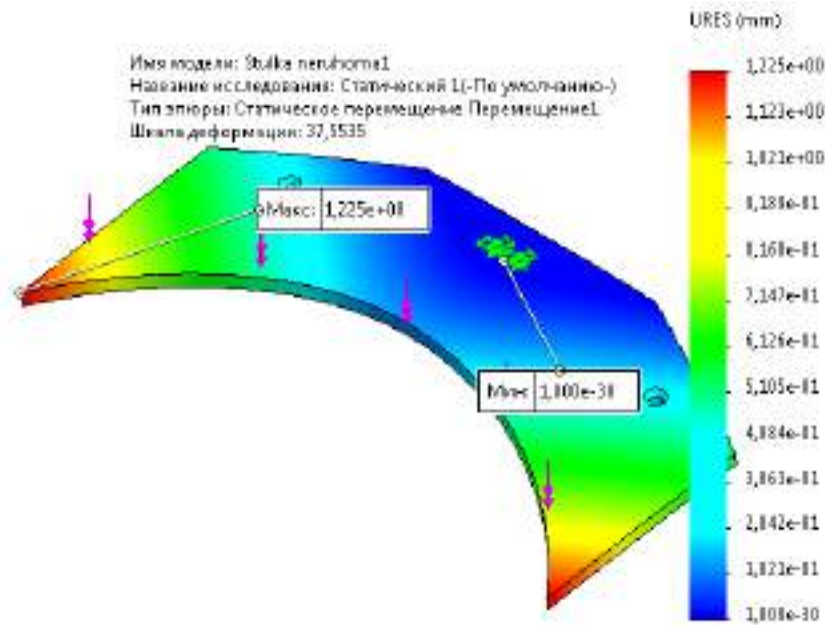
Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	9,836e+04N/m <sup>2</sup> Узел: 2796	2,049e+08N/m <sup>2</sup> Узел: 17516



б – епюра розподілу вузлових напружень Von Mises

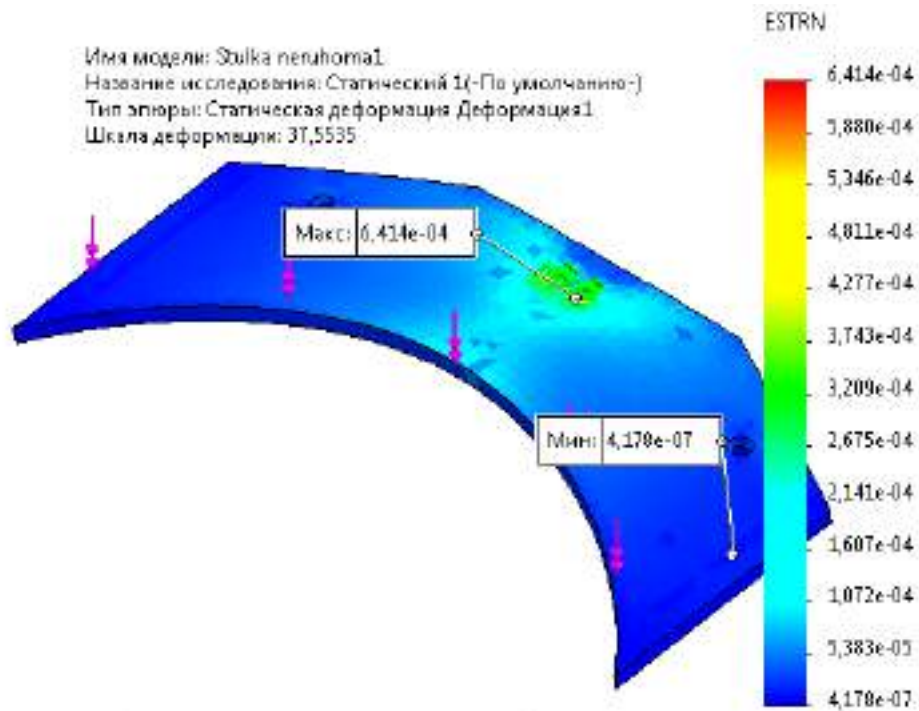
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0,000e+00mm Узел: 33	1,225e+00mm Узел: 179



в – еюра розподілу переміщень URES

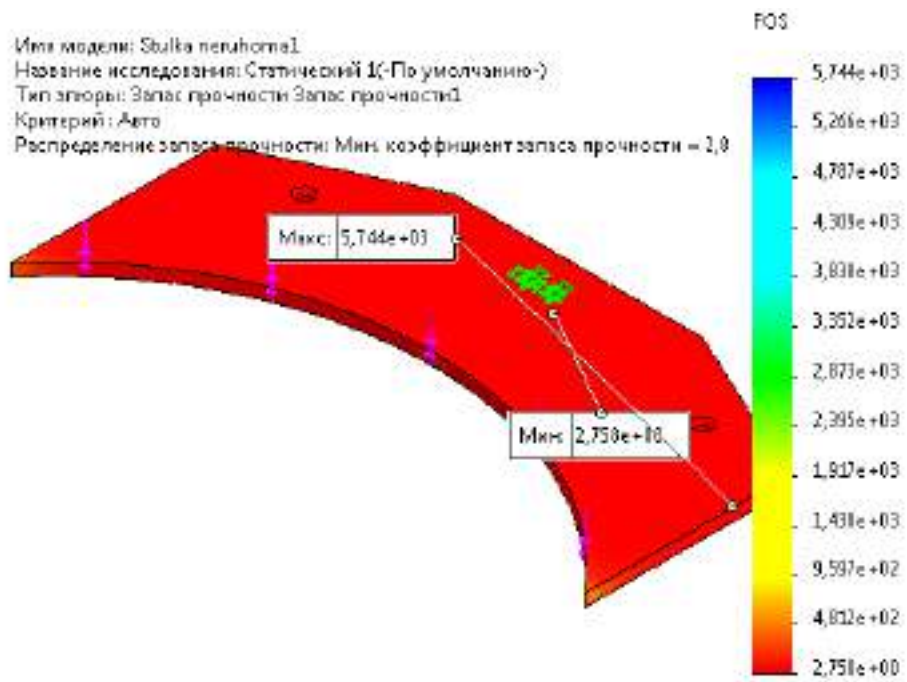
Имя	Тип	Мин	Макс
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	4,178e-07 Элемент: 8250	6,414e-04 Элемент: 2813



г – еюра розподілу деформації ESTRN

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	2,758e+00 Узел: 17516	5,744e+03 Узел: 2796



д – епіюра розподілу запасу міцності FOS

#### Рисунок 4.8 – Результати розрахунків стулки нерухомої

Отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження при визначенні граничних можливостей стулки нерухомої.

Згідно отриманих розрахунків мінімальний коефіцієнт запасу міцності  $n = 2,758$  більший допустимого  $[n] = 2,5$  [20].

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Застосування SW для статичного розрахунку пальця 18 стенду

Проведемо статичний розрахунок пальця (позиція 18 на рис. 2.9) стенду. При цьому ускладнимо розрахунки: визначимо, яке максимальне навантаження він витримає у випадку порушення техніки безпеки при експлуатації стенду при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$ .

Процес проведення статичного аналізу починається зі створення у SW геометричної моделі пальця. Наступний етап – вибір з бібліотеки SWS матеріалу, який заплановано для його виготовлення.

Після визначення марки сталі, з якої виготовлений палець (рис. Б10 – сталь 40Х), та її механічних характеристик ([26]  $\sigma_B = 845$  МПа,  $\sigma_T = 590$  МПа) з бібліотеки SolidWorks вибрана сталь DIN 1.7030 (28Cr4) – наближений аналог матеріалу пальця, для якої  $\sigma_B = 850$  МПа,  $\sigma_T = 650$  МПа (рис. 5.1).

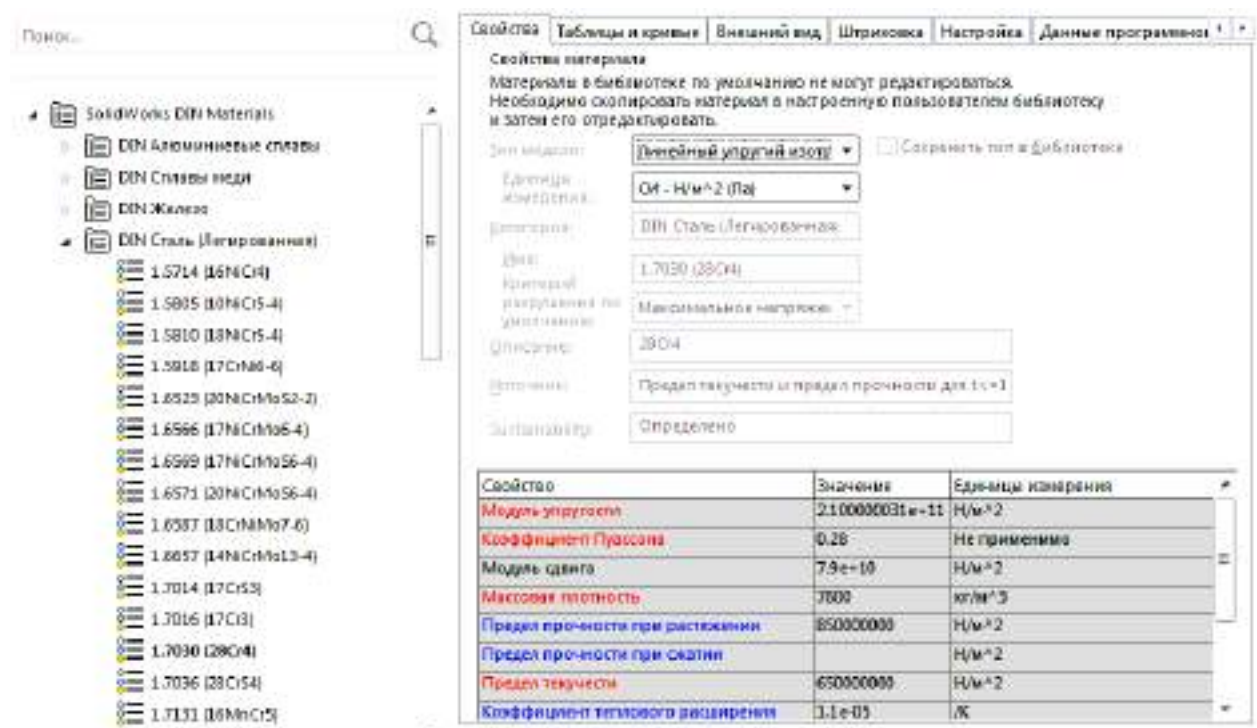


Рисунок 5.1 – Наближений аналог матеріалу пальця

Після цього проводиться закріплення моделі пальця та прикладення до неї навантаження (рис. 5.2, а, б).



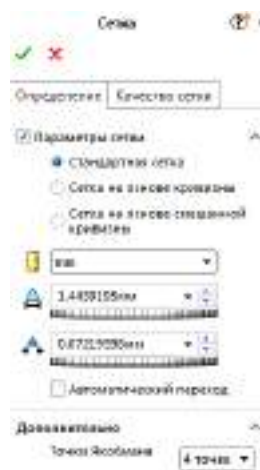
а



б

**Рисунок 5.2 – Работа з 3D-моделлю пальця в SolidWorks Simulation:  
а – закріплення, б – прикладення навантаження**

Відтак відбувається поділ моделі на елементи, з'єднані у спільних вузлах: програма аналізу скінченних елементів розглядає модель як сітку й прогнозує її поведінку за допомогою зіставлення інформації, одержаної від усіх елементів, з яких складається модель (рис. 5.3).



Сетка Детализация	
Имя исследования	Статический 1 (-По умолчанию)
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки	Выкл
Включить автоциклы сетки	Выкл
Точки Якобиана для сетки высокого качества	4 точек
Размер элемента	1,44392 mm
Допуск	0,072196 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	16544
Всего элементов	10080
Максимальное соотношение сторон	78,635
Процент элементов с соотношением сторон < 3	74,1
Процент элементов с соотношением сторон > 10	8,4
Процент искаженных элементов	0
Число искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:17



**Рисунок 5.3 – Сітка моделі пальця та її деталізація**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Результатом статичного аналізу пальця є результуючі сили та моменти (рис. 5.4), поля напружень, переміщень, деформації, запасу міцності, граничні значення яких відображено на рис. 5.5 та у табл. 5.1.

#### Результирующие силы

##### Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	-0,000566006	-20,9902	-0,00314093	20,9902

##### Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N.m	0	0	0	0

##### Силы свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	0	0	0	0

##### Моменты свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N.m	0	0	0	0

Рисунок 5.4 – Результируючі сили та моменти

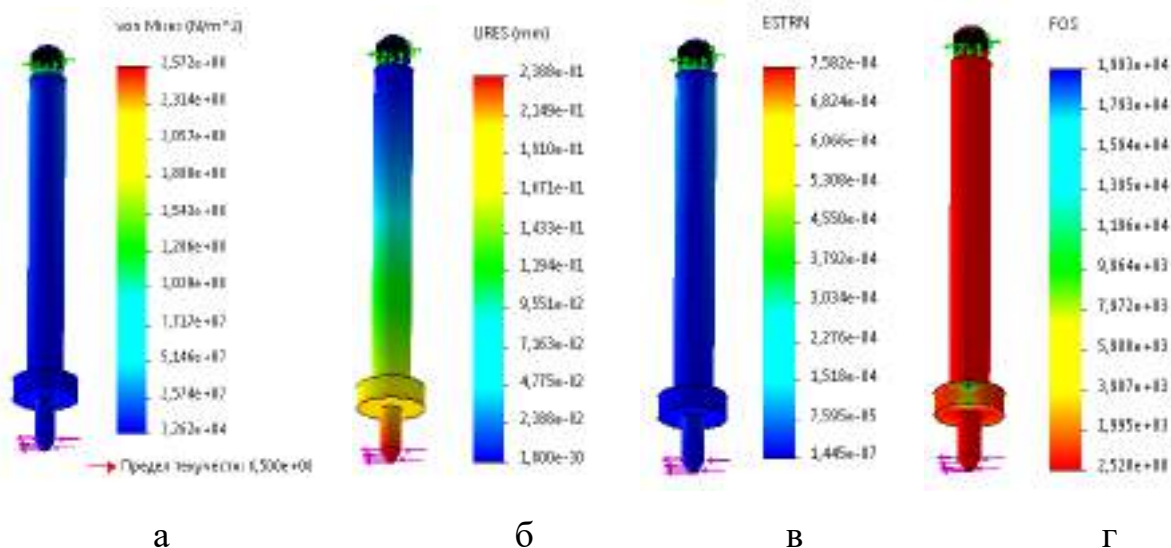


Рисунок 5.5 – Результати статичного аналізу пальця – поля:

а – напружень; б – переміщень; в – деформації; г – запасу міцності

Згідно рис. 5.5, г, при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$  (див. табл. 5.1) палець витримає навантаження у 21 Н.

Отже, можливості сучасних комп'ютерів забезпечують за допомогою CAD/CAE–систем моделювання різноманітних процесів й отримання прийняттого результату без трудомістких натурних експериментів.

**Таблиця 5.1 – Результати досліджень пальця**

Ім'я	Тип	Мін.	Макс.
Напруження	VON:	3,262e+04N/m <sup>2</sup>	2,572e+08N/m <sup>2</sup>
	Напруження Von Mises	Вузол: 9376	Вузол: 12880
Переміщення	URES:	0,000e+00mm	2,388e-01mm
	Результуюче переміщення	Вузол: 318	Вузол: 13097
Деформація	ESTRN:	1,445e-07	7,582e-04
	Еквівалентна деформація	Елемент: 7606	Елемент: 1947
Запас міцності	Авто	2,528e+00	1,993e+04
		Вузол: 12880	Вузол: 9376

## 6 Дослідження напружено-деформованого стану замка 13 стенду

Проведемо статичний розрахунок замка (позиція 13 на рис. 2.9) стенду. При цьому ускладнимо розрахунки: визначимо, яке максимальне навантаження він витримає у випадку порушення техніки безпеки при експлуатації стенду при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$ .

З бібліотеки SW вибрана сталь C35E (DIN 1,1181) – аналог матеріалу замка (сталь 35 – рис. Б7), для якої  $\sigma_T = 580$  МПа [27] – рис. 6.1.

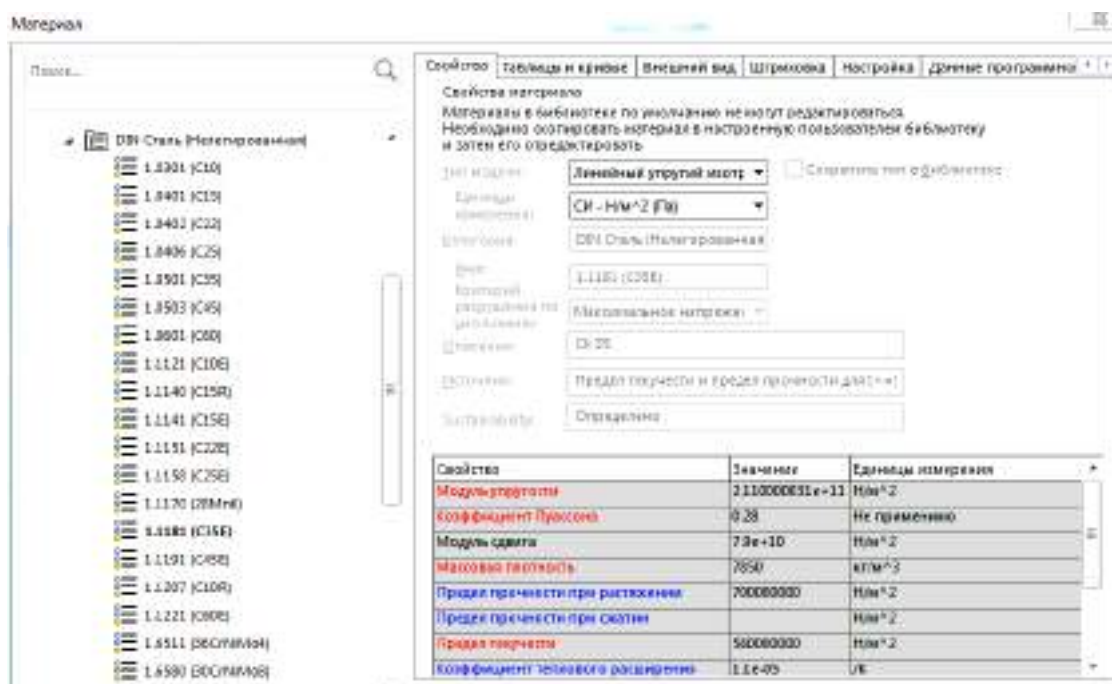
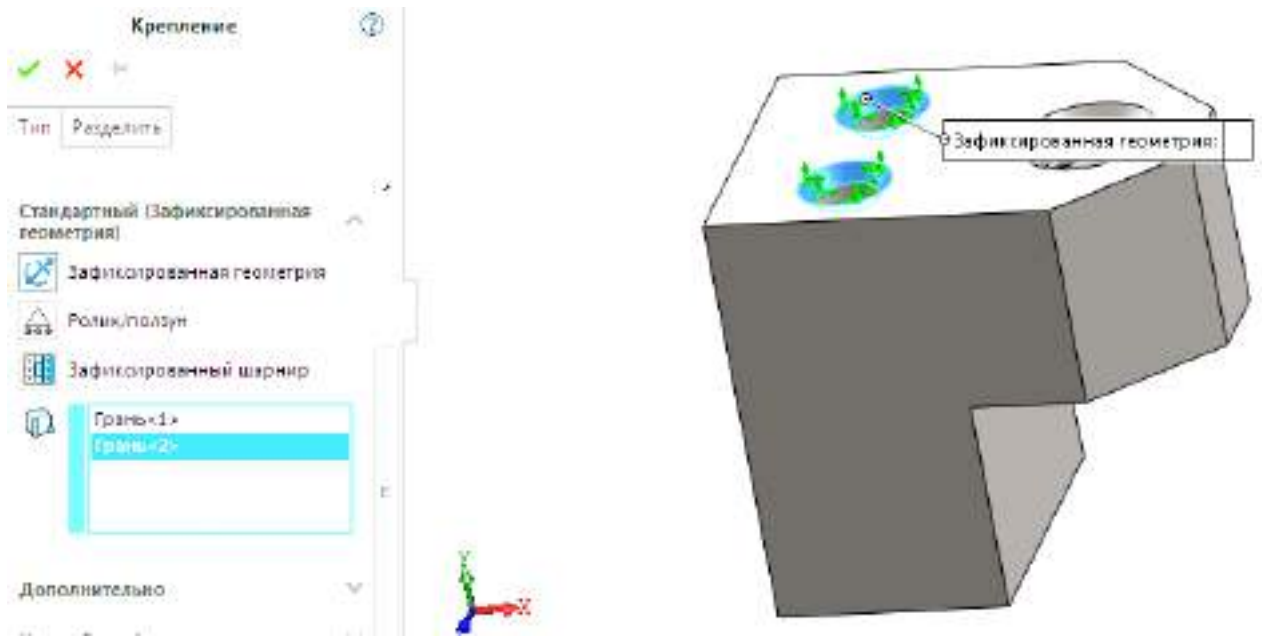
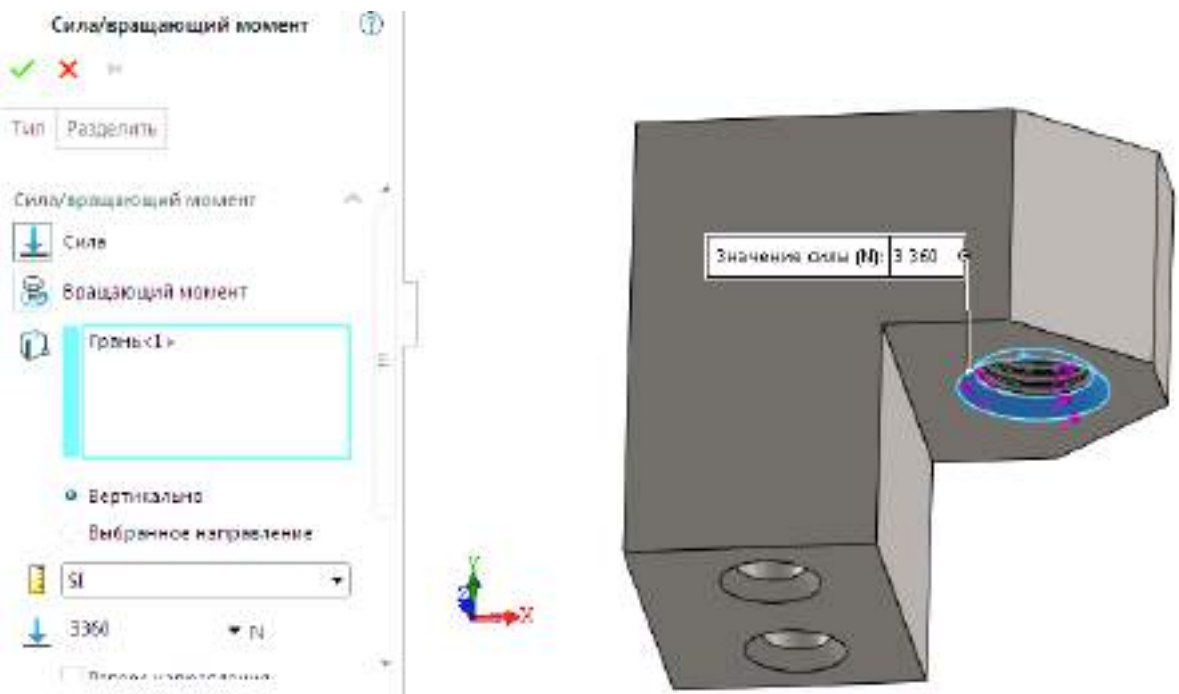


Рисунок 6.1 – Інформація про аналог сталі 35

Для проведення статичного аналізу закріпили модель замка (рис. 6.2) та приклали навантаження (рис. 6.3).

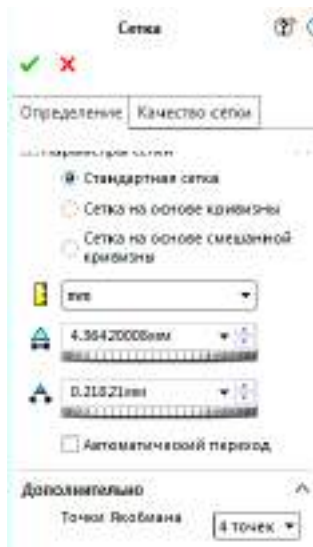


**Рисунок 6.2 – Закріплення моделі замка**



**Рисунок 6.3 – Прикладення навантаження до замка**

Наступний етап в аналізі моделі замка – створення сітки (рис. 6.4).



Сетка Детализация	
Имя исследования	Статический 1 (По ум.
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки	Выкл
Включить автоциклы сетки	Выкл
Точки Якобиана для сетки высокого качества	4 точек
Размер элемента	4,3642 mm
Допуск	0,21821 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	17233
Всего элементов	10990
Максимальное соотношение сторон	14,281
Процент элементов с соотношением сторон < 3	86,3
Процент элементов с соотношением сторон > 10	2,1
Процент искаженных элементов	0
Число искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:24

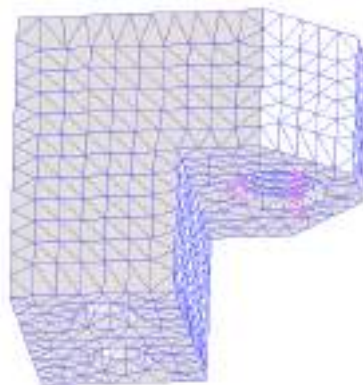


Рисунок 6.4 – Параметри й скінченно-елементна сітка замка

Результати розрахунків – рис. 6.5.

#### Результирующие силы

##### Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
Вся модель	N	-8,54554	-1,374,74	8,02799	2,376,76

##### Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
Вся модель	N.m	0	0	0	0

##### Силы свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
Вся модель	N	-3,38415	-6,81128	-1,18832	8,59997

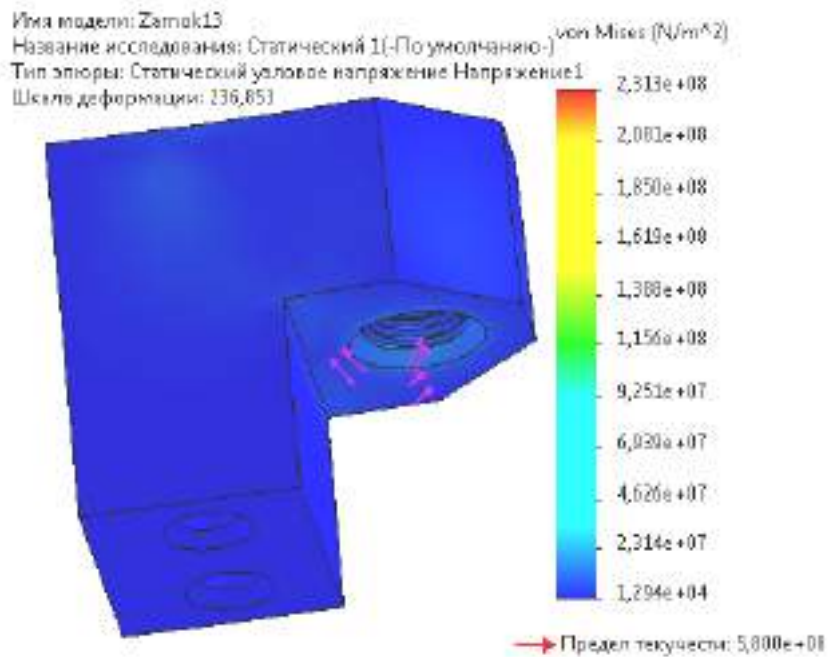
##### Моменты свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
Вся модель	N.m	0	0	0	0-0-0

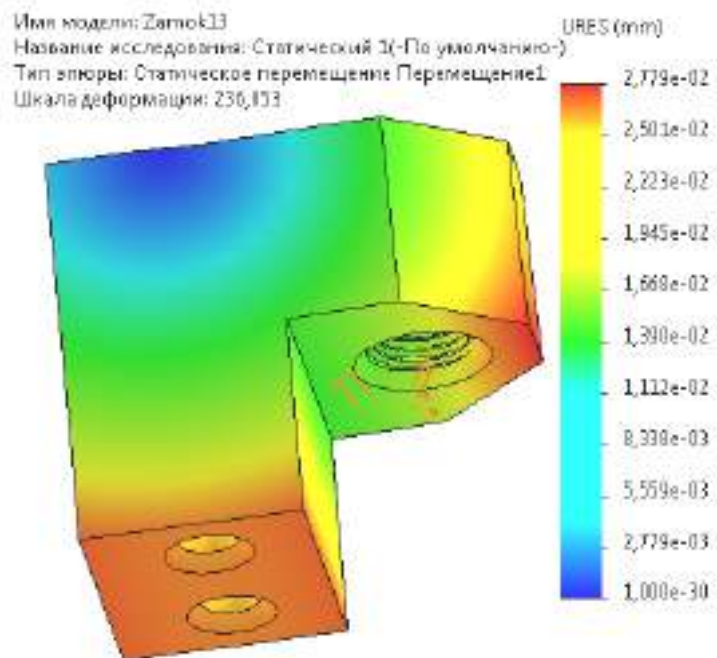
а – результирующі сили та моменти

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжения1	VON: напряжение Vol Mpa	1,294e+08N/m <sup>2</sup> Узел: 11662	2,313e+08N/m <sup>2</sup> Узел: 13588

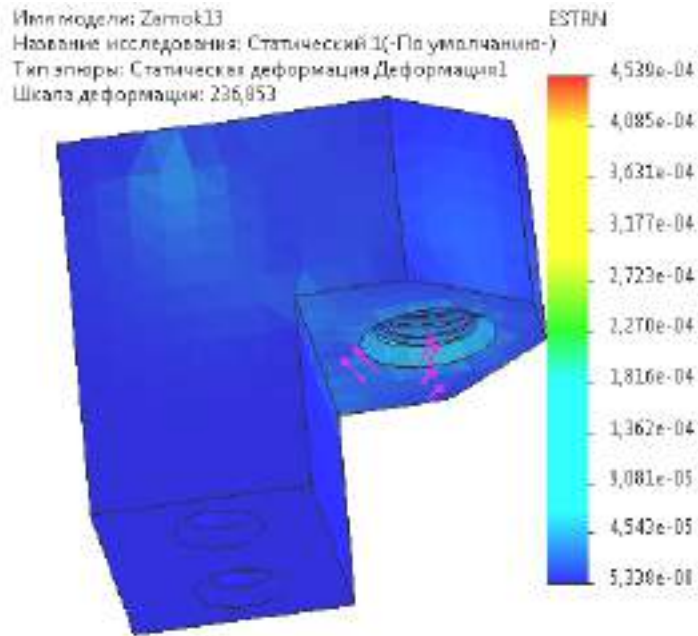
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



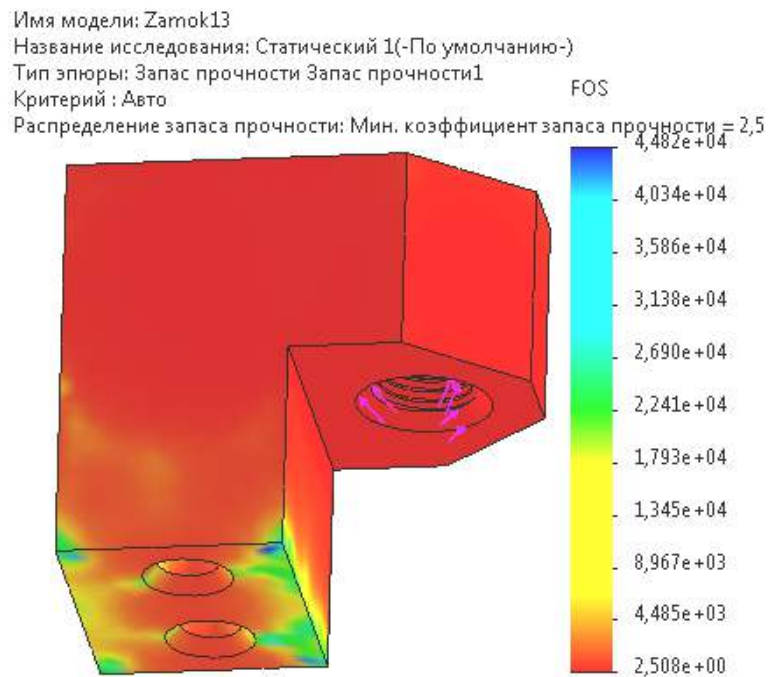
б – еюра розподілу вузлових напружень Von Mises у моделі замка



в – еюра розподілу переміщень URES у моделі замка



г – епюра розподілу деформації ESTRN у моделі замка



д – епюра розподілу запасу міцності у моделі замка

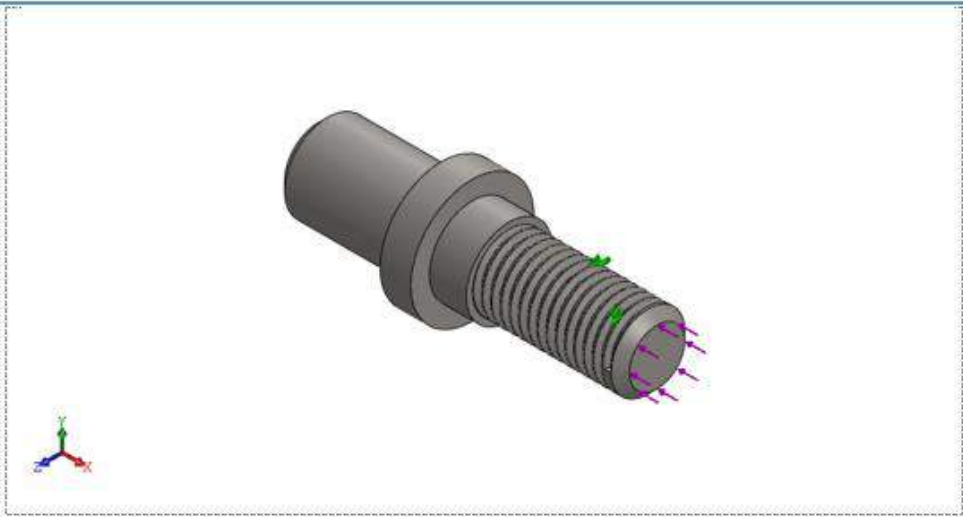
**Рисунок 6.5 – Результати розрахунків замка**

Згідно рис. 6.5, д, при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$  замок витримає навантаження у 3360 Н, що набагато більше допустимого (вага редуктора –1400 Н).


## 7 Застосування SWS для статичного аналізу гвинта 16 стенду

Суть експерименту – статичний розрахунок гвинта стенду (позиція 16 на рис. 2.9): його вихід з ладу може призвести до поломки усього стенду. Тому проводилось дослідження його напружено-деформованого стану. При цьому ускладнимо розрахунки: визначимо, яке максимальне навантаження він витримає у випадку порушення техніки безпеки при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$  (інформація про модель наведена на рис. 7.1)

**Информация о модели**



Имя модели: Gvynt16  
Активная конфигурация: По умолчанию

Твердые тела			
Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
	Твердое тело	Масса: 0,0611624 kg Объем: 7,84503e-06 m <sup>3</sup> Плотность: 7 796,33 kg/m <sup>3</sup> Масса: 0,599392 N	D:\NB\Korzun_Gvynt16\Gvynt16.SLDPRT

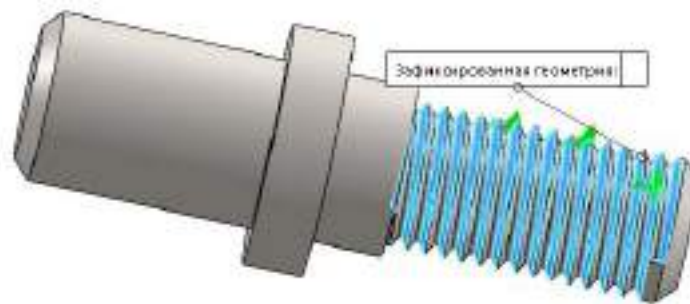
**Рисунок 7.1 – Інформація про модель гвинта 16**

З бібліотеки SW вибрана сталь DIN 1,1121 (рис. 7.2) – аналог матеріалу гвинта 16 (сталь 40 – рис. Б5), для якої  $\sigma_T = 345$  МПа [28].

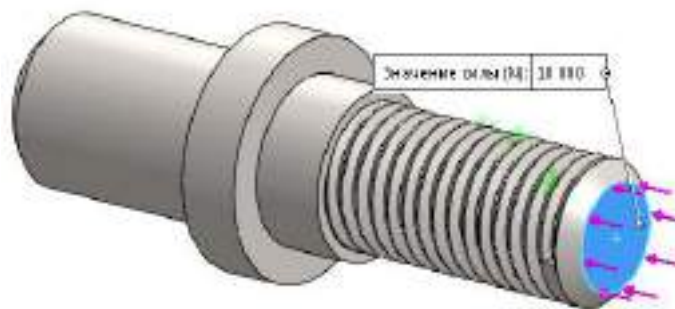
Свойства материала		
Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
 А:	Имя:	1.11.01 (L10b)
	Тип модели:	Линейный упругий Изотропный
	Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение $\sigma_{\text{Max}}$
	Предел текучести:	$3,45 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$
	Предел прочности при растяжении:	$4,35 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$
	Модуль упругости:	$2,15 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$
	Коэффициент Пуассона:	0,3
	Плотность:	$7,800 \text{ кг/м}^3$
	Модуль сдвига:	$7,46 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$
	Коэффициент теплового расширения:	$1,18 \cdot 10^{-5} \text{ 1/Кельвин}$
	Данные кривой ПА	

Рисунок 7.2 – Властивості матеріалу гвинта 16

Кріплення гвинта 16 і навантаження на нього відображені на рис. 7.3.



а



б

Рисунок 7.3 – Кріплення гвинта 16 (а) і навантаження на нього (б)

Інформація про сітку моделі гвинта 16, її деталізація та відображення на твердому тілі наведено на рис 7.4.

Информация о сетке		Информация о сетке - Детализация	
Тип сетки	Сетка твердого тела	Величина	1118
Идентификация разбиения	2 (Стандартная сетка)	Всего элементов	1174
Алгоритмическое разрешение сетки	None	Максимальная степень свободы (DOF)	12,342
Возможность игнорировать сетку	None	Углы элементов (градусов) (Angle > 1)	14.3
Точная выборка для сетки высшего качества	4 Точки	Применить автоматическое определение стрессов	1, 11
Количество элементов	3,842,916	Применить автоматическое определение	0
Длина	2,148,291 мм	Свойства для автоматической сетки (Автоматич.)	0.001 21
Количество слоев	None	Имя элемента (тип)	

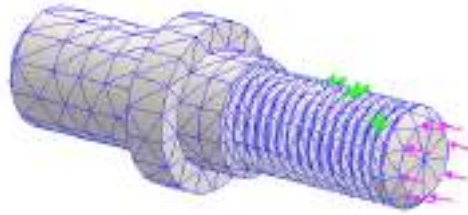


Рисунок 7.4 – Інформація про сітку моделі гвинта 16, її деталізація та відображення на твердому тілі

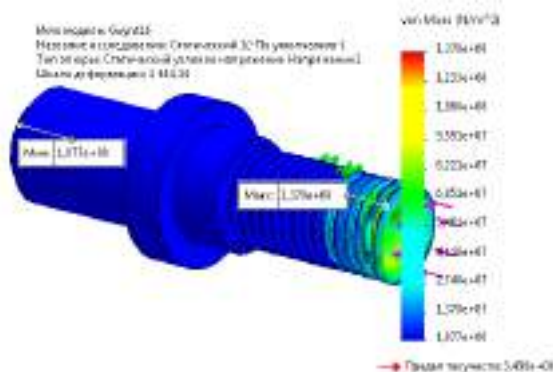
Результующі сили та моменти – рис. 7.5

Результирующие силы					
Силы реакции					
Выбранной набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующий
осей модели	N	1E+000,1	-0,00028758	0,00297006	1E+000,1
Моменты реакции					
Выбранной набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующий
осей модели	N.m	0	0	0	0
Силы свободных тел					
Выбранной набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующий
осей модели	N	0,000000	0,00112214	0,000000	0,0011221
Моменты свободных тел					
Выбранной набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующий
осей модели	N.m	0	0	0	0e+00

Рисунок 7.5 – Результиуючі сили та моменти

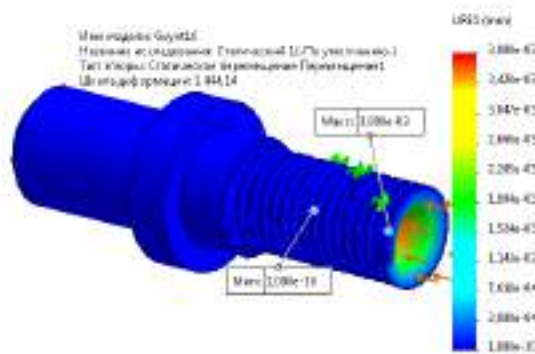
Результаты дослідження гвинта 16 – рис. 7.6.

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	1,877e+00N/m <sup>2</sup> Узел: 3770	1,370e+08N/m <sup>2</sup> Узел: 953



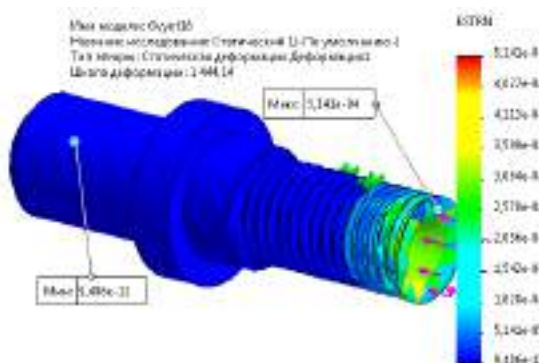
а – епюра розподілу вузлових напружень Von Mises у моделі гвинта 16

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0,000e+00mm Узел: 1	3,809e-03mm Узел: 703



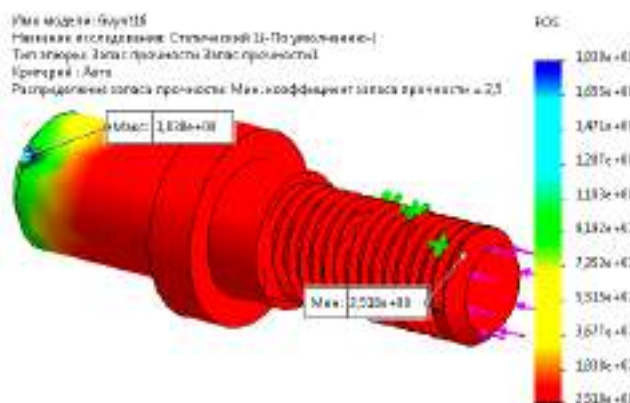
б – еюра розподілу переміщень URES у моделі гвинта 16

Имя	Тип	Мин	Макс
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	9,406e-12 Элемент: 2969	5,141e-04 Элемент: 742



в – еюра розподілу деформації ESTRN у моделі гвинта 16

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	2,518e+00 Узел: 953	1,838e+08 Узел: 3770



г – еюра розподілу запасу міцності у моделі гвинта 16

Рисунок 7.6 – Результати дослідження гвинта 16

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Згідно рис. 7.6, г, при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$  гвинт 16 витримає навантаження у 10800 Н (рис. 7.3), що набагато більше допустимого (вага редуктора – 1400 Н).

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 Формування розрахункової моделі SWS для гвинта 12 стенду

Суть експерименту – статичний розрахунок гвинта 12 стенду (позиція 12 на рис. 2.9) з використанням SWS. Цей пакет допомагає інженеру, а результати розрахунків точніші ручних (за умови введення адекватних вихідних даних). При цьому ускладнимо розрахунки: визначимо, яке максимальне навантаження він витримає у випадку порушення техніки безпеки при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$ .

На рис. 8.1 наведена інформація про модель гвинта 12.



Рисунок 8.1 – Інформація про модель гвинта 12

Властивості дослідження гвинта 12 наведені на рис. 8.2.

Свойства наследования	
Имя наследования	Ссылочный
Тип базиса	Ссылочный
Тип сечения	Сечение твердого тела
Коэффициент сдвига	Был
Температурная зависимость	Включить температурную
Температура при нулевом напряжении	293 K(10)
Величина сдвига при деформации	Был
Тип деформаций программы	ГЕРЕС
Величина нагрузки на собственную частоту	Был
Анализ кручения	Был

**Рисунок 8.2 – Властивості дослідження гвинта 12**

З бібліотеки SW вибрана сталь DIN 1,121 – аналог матеріалу гвинта 12 (сталь 40 – рис. Б4) – рис. 8.3.

Свойства материала			
Ссылка на модель	Свойства	Компоненты	
	Имя:	1,121 (СТЕ)	
	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный	
	Критерии прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises	
	Предел текучести:	$3,45 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$	
	Предел прочности при растяжении:	$4,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$	
	Модуль упругости:	$2,14 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$	
	Коэффициент Пуассона:	0,29	
	Массовая плотность:	$7,850 \text{ kg/m}^3$	
	Модуль сдвига:	$7,94 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$	
	Коэффициент теплового расширения:	$1,15 \cdot 10^{-5} / \text{K(20)}$	
	Данные кривой: N/A		Твердое тело 1(Вырез-Выпуклость1)(Gwin12)

**Рисунок 8.3 – Властивості матеріалу гвинта 12**

Навантаження та кріплення гвинта 12 відображені на рис. 8.4.

### Нагрузки и крепления

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Закрепленный-1		Объекты: 1 грани тип: зафиксированная геометрия		
<b>Результирующие силы</b>				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	1 880,01	0,00475717	-0,0222455	1 880,01
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани тип: Приложить нормальную силу значение: 3 880 N



**Рисунок 8.4 – Навантаження та кріплення гвинта 12**

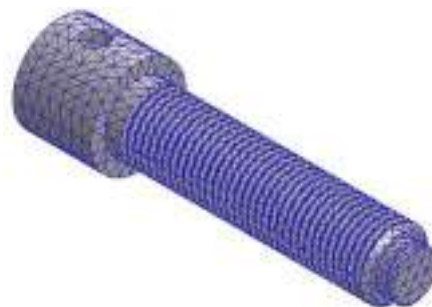
Інформація про сітку моделі гвинта 12, її деталізація та відображення на твердому тілі – рис 8.5.

#### Информация о сетке

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автооткрыл сетки:	Выкл
Точки Якобиана для сетки высокого качества:	4 Точки
Размер элемента	2,32338 mm
Допуск	0,116169 mm
Качество сетки	Высокая

#### Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	41241
Всего элементов	24054
Максимальное соотношение сторон	41,113
% элементов с соотношением сторон < 3	79,3
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0,35
Процент искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:01:48
Имя компьютера:	



**Рисунок 8.5 – Інформація про сітку моделі гвинта 12, її деталізація та відображення на твердому тілі**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Результуючі сили та моменти – рис. 8.6

### Результующие силы

#### Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результующая
всей модели	N	3 880,01	0,00476/17	-0,0222465	3 880,01

#### Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результующая
всей модели	N.m	0	0	0	0

#### Силы свободных тел

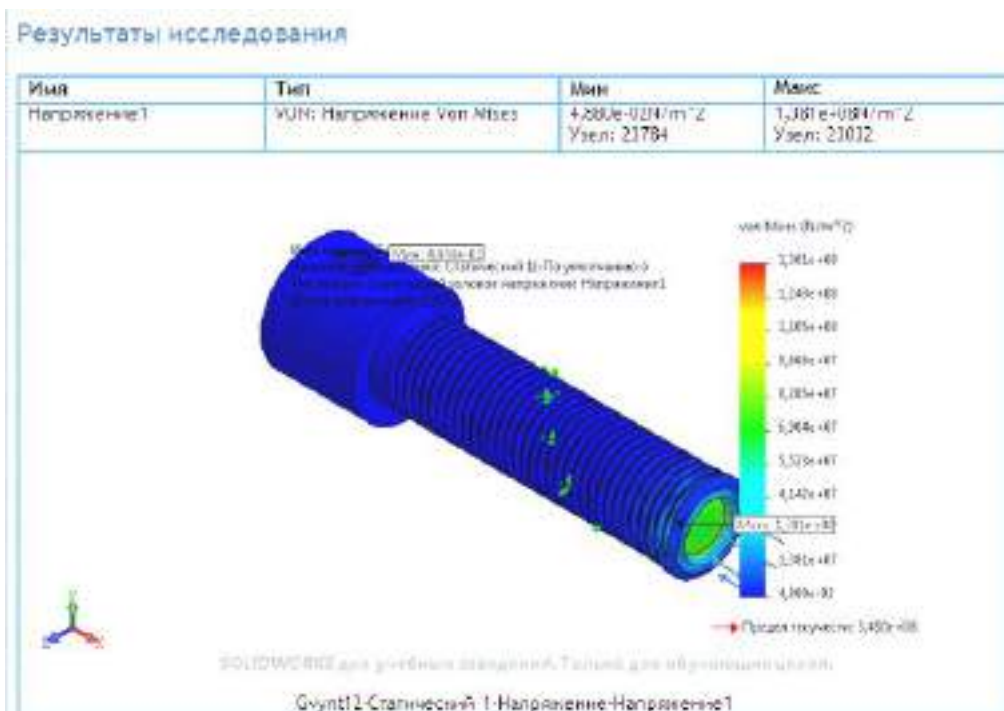
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результующая
всей модели	N	-0,157099	-0,0430654	0,0761076	0,179797

#### Моменты свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результующая
всей модели	N.m	0	0	0	1e-33

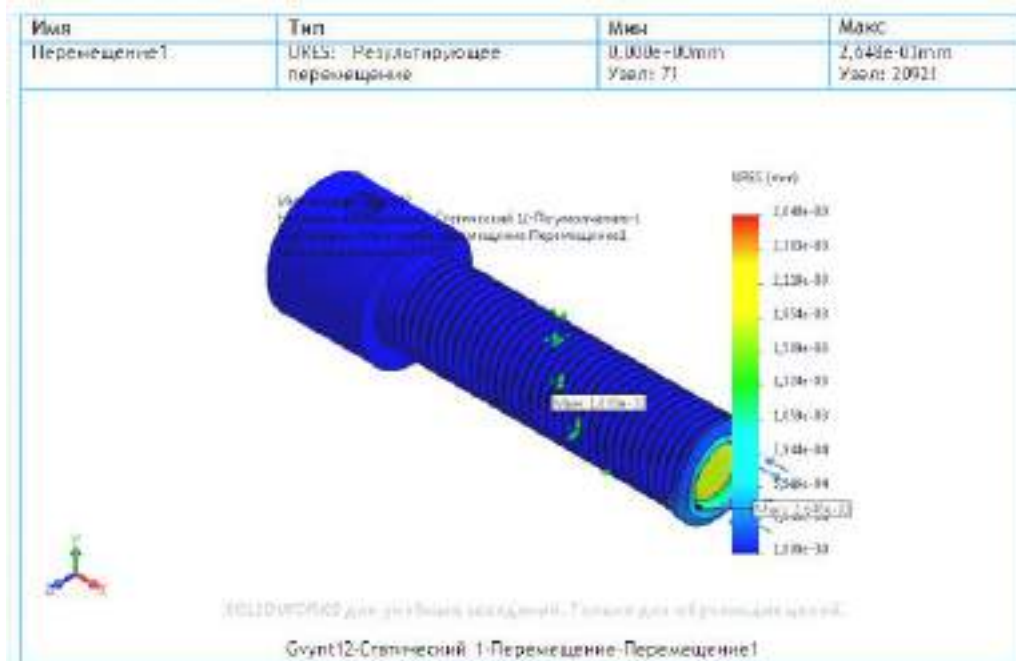
Рисунок 8.6 – Результующі сили та моменти

## Результати дослідження гвинта 12 – рис. 8.7.

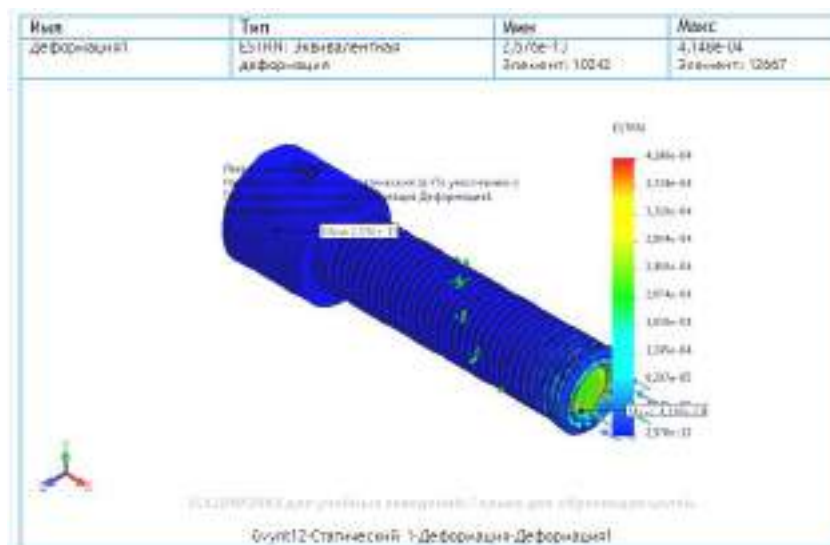


а – епюра розподілу вузлових напружень Von Mises у моделі гвинта 12

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

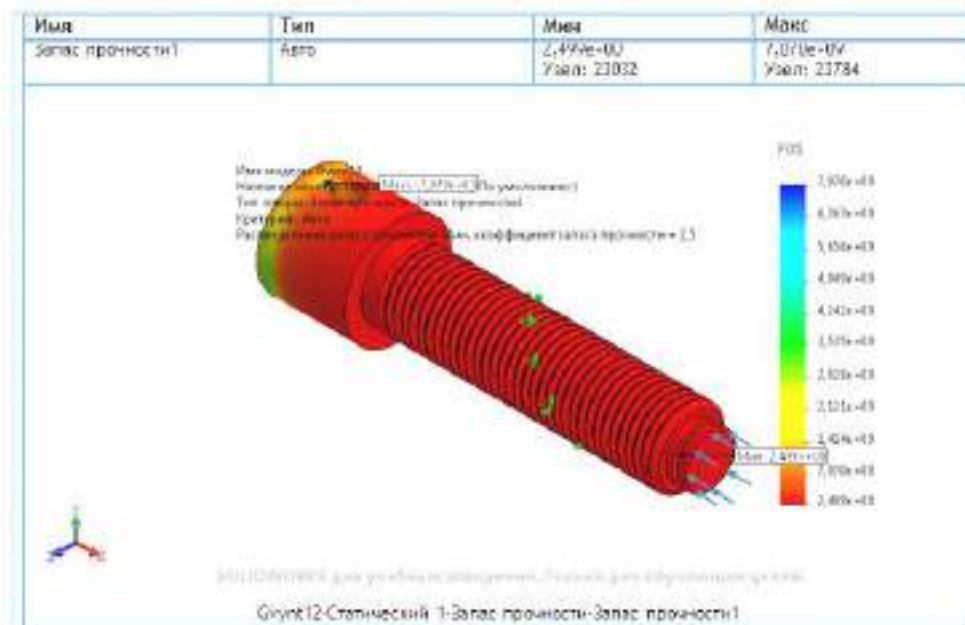


б – еюра розподілу переміщень URES у моделі гвинта 12



в – еюра розподілу деформації ESTRN у моделі гвинта 12

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



г – епюра розподілу запасу міцності у моделі гвинта 12

**Рисунок 8.7 – Результати дослідження гвинта 12**

Згідно рис. 8.7, г, при запланованому коефіцієнті запасу міцності  $n = 2,5$  гвинт 12 витримає навантаження у 3880 Н (рис. 8.4), що набагато більше допустимого (вага редуктора – 1400 Н).

## Висновки

Розглянуте технічне обслуговування, ремонт і регулювання мостів і редукторів вантажних автомобілів МАЗ, КамАЗ і ЗІЛ-130.

На основі результатів огляду відомих аналогів розроблений стенд з ремонту редукторів мостів автомобілів. Він призначений для більш швидкого і зручного розбирання та складання редукторів мостів автомобілів на вузли й деталі. Порівнюючи з аналогічним стелажем, підвищується механізація й автоматизація процесу, полегшується робота, підвищується зручність та якість розбирання-складання агрегатів.

Стенд конструктивно простий, універсальний і може бути виготовлений безпосередньо в автогосподарстві. Проведена техніко-економічна оцінка конструкторської розробки.

Призначені матеріали найбільш навантажених деталей спроектованого стенду: рухомої та нерухомої стулок, пальця, замка, гвинта. За допомогою SWS проведене комп'ютерне моделювання їх напружено-деформованого стану з відображенням відповідних контурних графіків.

Встановлено, що вузлові максимальні напруження Von Mises, переміщення URES і деформація ESTRN, а також запас міцності FOS досліджених деталей не перевищують допустимих значень (коефіцієнти запасу міцності більше допустимих).

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. Технічне обслуговування ведучих мостів автомобілів МАЗ-5516, 5440 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://spezz.ru/maz\\_5516\\_veduschie\\_most.html](http://spezz.ru/maz_5516_veduschie_most.html)
2. Ремонт редуктора ведучих мостів КамАЗ-5320, 6520 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://spezz.ru/kamaz\\_5320\\_reduktor\\_veduschih\\_mostov.html](https://spezz.ru/kamaz_5320_reduktor_veduschih_mostov.html)
3. Ремонт і регулювання редуктора автомобіля КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gruzovik.biz/articles/remont-i-regulirovka-reduktora-avtomobilya-kamaz>
4. Ремонт і регулювання заднього моста ЗІЛ-130 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://spezz.ru/zil\\_130\\_zadnyy\\_most.html](https://spezz.ru/zil_130_zadnyy_most.html)
5. Розробка пристрою розбирання-збирання редукторів задніх мостів вантажних автомобілів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://min.usaca.ru/uploads/article/attachment/3876/Митрофанов.pdf>
6. Стенд для розбирання та збирання редукторів задніх мостів автомобілів Б252АМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.4akb.ru/p/stendy-dlya-remonta-agregatov/stend-dlya-razborki-i-sborki-reduktorov-zadnikh-mostov-avtomobiley-b252am/>
7. Стенд для ремонту редукторів ЗІЛ и КамАЗ Р-640 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.automaster05.ru/goods/preview/16840/detail>
8. Стенд для ремонту редукторів Р-640 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kron-group.ru/photo/oborudovanie-dlya-avtoservisa/foto-stend-dlya-remonta-reduktorov-r-640/>
9. Стенд для розбирання/збирання редукторів задніх мостів а/м ЗІЛ, КАМАЗ, ручний (Р620) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ukrsk.com.ua/stend\\_dlya\\_razb\\_redu\\_1.html](http://ukrsk.com.ua/stend_dlya_razb_redu_1.html)
10. Стенд для ремонту редукторів Р-620 (КРОН) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tss-avto.ru/catalog/196/902/>

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Стенд для розбирання і збирання редуктора заднього мосту, модель 3022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mash-xxl.info/info/589850/>
12. Стенд моделі 17-13 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com.ua/imgres>
13. Стенд-кантувач редуктора заднього мосту автомобілів БелАЗ-7540, 7548, 7547, 7555 24-15 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.garopk.ru/24-15>
14. Організація роботи агрегатної ділянки комплексу ремонтних робіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://topref.ru/referat/147415/5.html>
15. Колесо поворотне з гальмом 100 мм для візків [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://promtechsklad.com.ua/p580904000-koleso-povorotnoe-tormozom.html>
16. ГОСТ 11112-70 Колеса с масивні гумові шини безрейкових транспортних засобів. Типи. Основні параметри і розміри [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://allgosts.ru/53/060/gost\\_11112-70](https://allgosts.ru/53/060/gost_11112-70)
17. Штефан Ю. В. Проектування сучасного технологічного обладнання: курс лекцій / Ю. В. Штефан, В. А. Зорин, А. Ф. Синельников. – 2018. – 120 с.
18. SolidWorks [Electronic resource]. – Access mode: <http://solidworks.com.ua>
19. Сталь марки 45 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://metallischekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/45](https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/45)
20. Коефіцієнт запасу міцності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт\\_запасу\\_міцності](https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_запасу_міцності)
21. Вага редуктора КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reduktor-kama.ru/info/ves-reduktora-kamaz.html>
22. Скільки важить редуктор КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avtotop.info/skolko-vesit-reduktor-kamaza/>
23. Скільки важить задній редуктор КамАЗ? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://autogearspb.ru/zapchasti/skolko-vesit-zadnij-reduktor-kamaz.html>
24. Запчастини МАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stozap.ru/parts-maz-spisok?page=56>

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Скільки важить задній міст ЗІЛ 131? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://autogearspb.ru/diagnostika-i-obslyzhivanie/skolko-vesit-zadnij-most-zil-131.html>

26. Сталь 40Х – характеристика, хімічний склад, властивості, твердість [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://s-metall.com.ua/index/stal\\_40kh/0-254](http://s-metall.com.ua/index/stal_40kh/0-254)

27. Сталь 35 (ст35) — характеристики, застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metall.life/marochnik/stal-35>

28. Сталь 40 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/40>

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Наукові праці

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Rudyk O. Yu. The use of innovative technologies as a means of enhancing student learning / O. Yu. Rudyk, V. V. Korzun, A. A. Antonov // Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка: збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 22–23 лютого 2023 року). – Полтава: ПУЕТ, 2023. – С. 1068-1073. – URL: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1Gk3VNSHVXbcOSChIO00Ln4ujg1VUt-HQ>



Figure 4 – The results of the calculation of the bearing support for strength: a – Von Mises tension; b – the resulting movement of URES

Competency-oriented problems were considered as a separate type of training problems (their results of solving are associated with subject activity) on the example of designing a bearing puller from a shaft-gear (fig. 5. a) followed by a static calculation of the power screw (fig. 5. b).



Figure 5 – Geometric a model of the bearing puller (a) and resulting amplitude and safety margin with loss of stability (b)

The authors [2] designed a screw puller of ball radial single-row bearings of the crankshaft (fig. 6. a) followed by the use of SW Simulation for calculations on the static strength of the collet (fig. 6. b).



Figure 6 – Screw puller of bearings from crankshaft (a) and equal distribution of total stresses von Mises (sigma) (b)

© ПУЕТ

1071

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Rudyk O. Yu. Project development and performance study of the repair stand for reducers of rear axles of cars using SolidWorks / O. Yu. Rudyk, V. V. Korzun, A. A. Antonov, V. V. Nechyporov // Scientific research in the modern world. Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference. – Toronto, Canada. 24-26 August 2023. – Pp. 126-134. – URL: <https://sci-conf.com.ua/xi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scientific-research-in-the-modern-world-24-26-08-2023-toronto-kanada-arhiv/>

## SCIENTIFIC RESEARCH IN THE MODERN WORLD

Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference  
Toronto, Canada  
24-26 August 2023

Toronto, Canada  
2023

For this connection, a stand for repairing reducers of rear axles of cars was developed (Fig. 1).

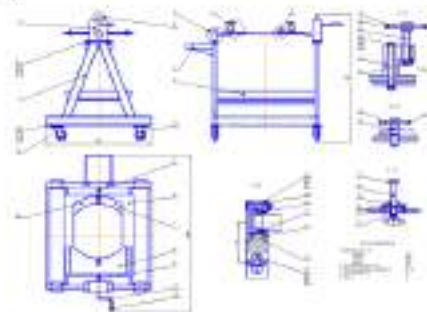


Fig. 1. Stand for repairing reducers of rear axles of cars

This stand is intended for faster and more convenient disassembly and assembly of reducers of rear axles of cars into assemblies and parts. Compared with a rack for disassembly and assembly, the mechanization and automation of the process increases, the work becomes easier, and the convenience and quality of the repair increase.

The need to introduce complex equipment into production in a short period of time leads to the creation of automated design systems. Strength calculation plays an important role in these systems.

Nowadays, CAD/CAE systems are increasingly used in the educational process of engineering universities. They provide a quick and accurate solution of technical problems in three-dimensional space on a computer. The fact is that the methods of three-dimensional modeling (solid, surface, hybrid) implemented by modern CAD/CAE systems fundamentally change the methodology of design and production.

127



					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Графічне забезпечення дипломної роботи

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

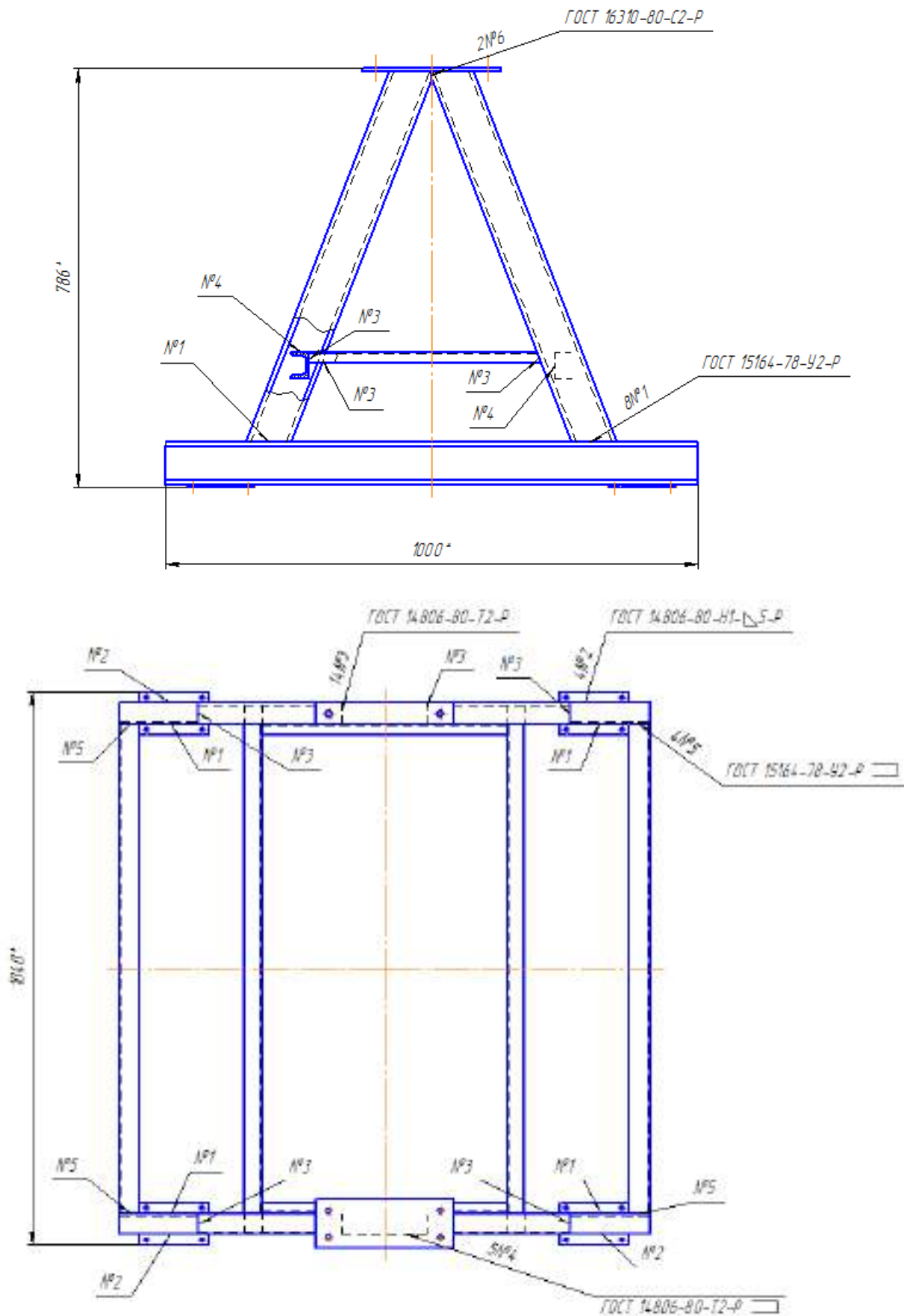


		Стандартні вироби		
Повн. и Вспом.	26	Болт М6-6g x 10	ГОСТ 7808-70	
	27	Болт М6-6g x 15	ГОСТ 7808-70	
	23	Болт М8-6g x 20	ГОСТ 7808-70	
	25	Болт М8-6g x 25	ГОСТ 7808-70	
	24	Болт М10-6g x 22	ГОСТ 7808-70	
	28	Болт М12-6g x 25	ГОСТ 7808-70	
	29	Полка М8-6g x 20	ГОСТ Р 11475-80	
	Важк. вид. №	31	Гайка М6	ГОСТ 5915-70
		30	Гайка М8	ГОСТ 5915-70
		32	Гайка М12	ГОСТ 5915-70
Повн. и Вспом.	33	Колесо 28-100-100	ГОСТ 1112-70	
	34	Колесо 28-100-100	ГОСТ 1111-70	
	35	Кільце 30	ГОСТ 6308-71	
	36	Підшипник 105	ГОСТ 8338-75	
Повн.	37	Пружина 7039- 2011	ГОСТ 1365-67	
	38	Ручка 15	ГОСТ 1487-73	
	40	Шайба 6	ГОСТ 11371-72	
	39	Шайба 8	ГОСТ 11371-72	
	41	Шайба 12	ГОСТ 11371-72	

Функц. Вид	№	Позначення	Найменування	№	Прим.
	43		Штифт 1 №6 x 6	ГОСТ 10774-80	
	44		Штифт 2 №6 x 6	ГОСТ 10774-80	
	42		Штифт 3 №6 x 8	ГОСТ 10774-80	

Рисунок Б1 – Специфікація до складального креслення стану розбирання-складання редукторів мостів вантажних автомобілів (Compas-3D)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



**Рисунок Б2 – Рама (Compas-3D)**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

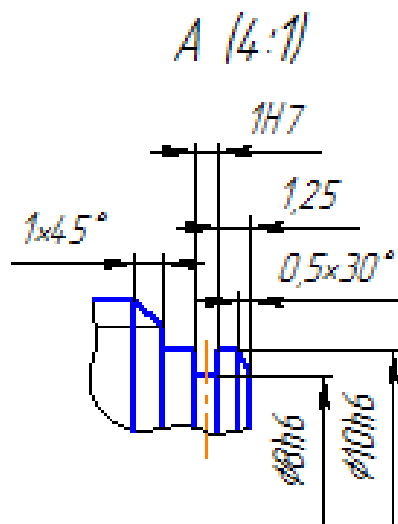
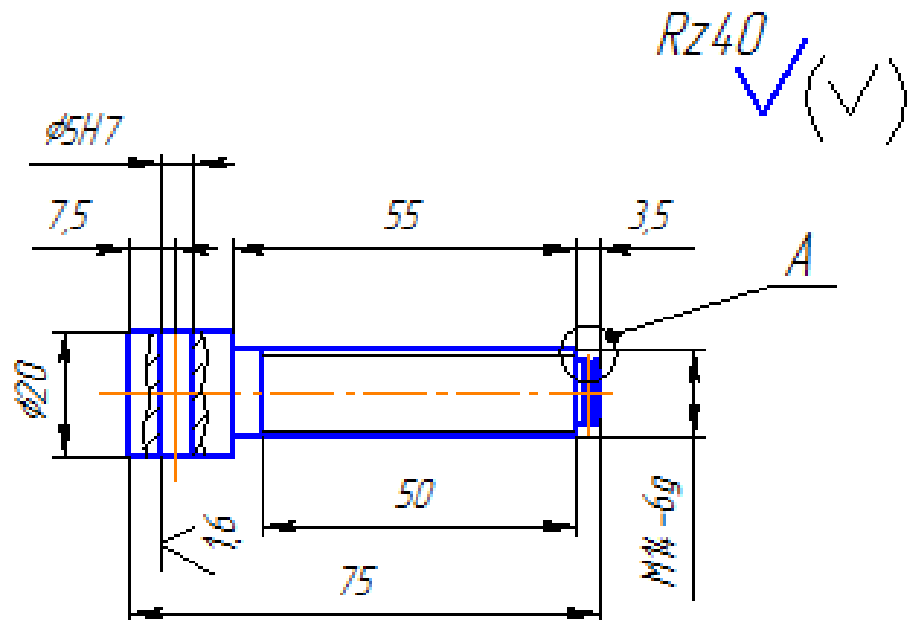
ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

89

Склад. №	Листів. приміток.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
						Деталі		
				1	МРТАМ 2019070.110.01	Стояк	4	
				2	МРТАМ 2219070.110.02	Салазки	2	
				3	МРТАМ 2219070.110.03	Поздовжня балка	2	
				4	МРТАМ 2219070.110.04	Кріплення опори	1	
				5	МРТАМ 2219070.110.05	Поперечна балка	2	
				6	МРТАМ 2219070.110.06	Поперечина	2	
				7	МРТАМ 2219070.110.07	Кріплення редуктора	1	
				8	МРТАМ 2219070.110.08	Кріплення колеса	4	

Рисунок Б3 – Специфікація до складального креслення рами (Compas-3D)



1. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm IT 14/2$
2. HRC 35\_40

Круг  $\frac{25 \text{ ГОСТ } 2590-88}{40-8 \text{ ГОСТ } 1050-88}$

Рисунок Б4 – Гвинт МРТМ 2219070.100.12 (Compas-3D)

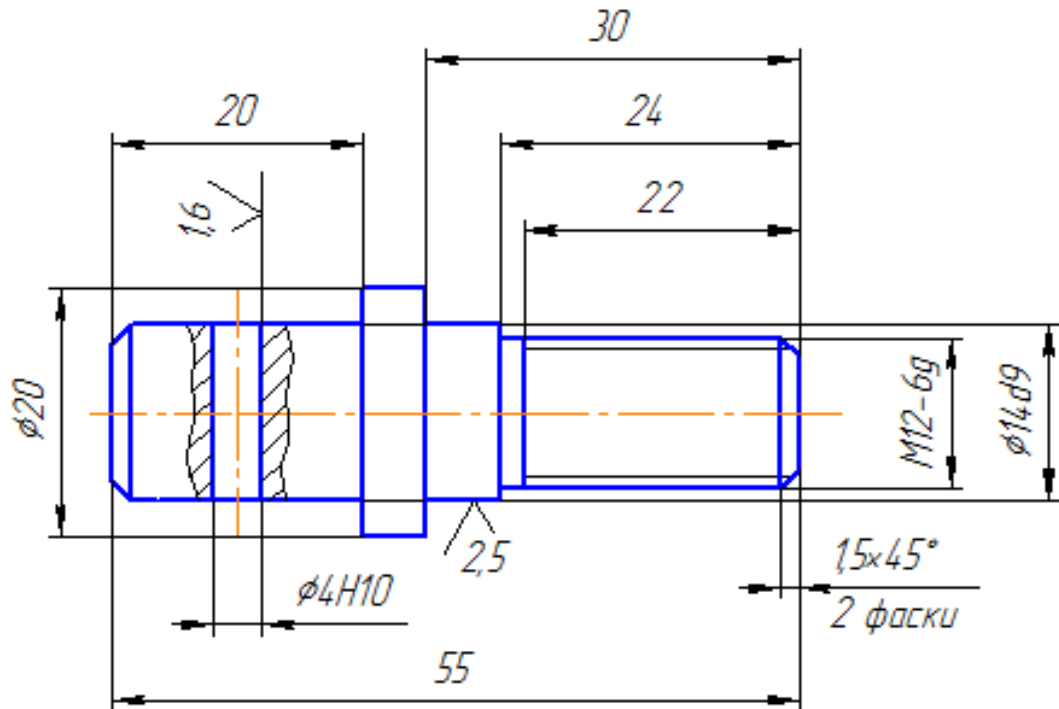
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

91

Rz40  
✓(✓)



1. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm IT14/2$
2. HRC 35..40

Круг  $\frac{25 \text{ ГОСТ } 2590-88}{40-8 \text{ ГОСТ } 1050-88}$

Рисунок Б5 – Гвинт МРТАМ 2219070.100.16 (Compas-3D)

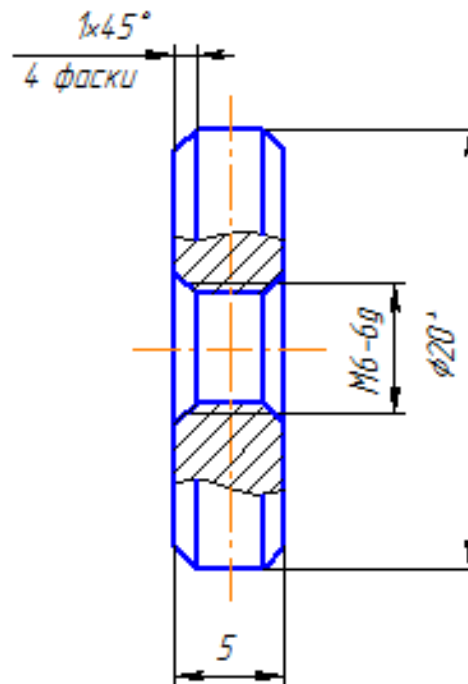
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

92

Rz40  
√(√)

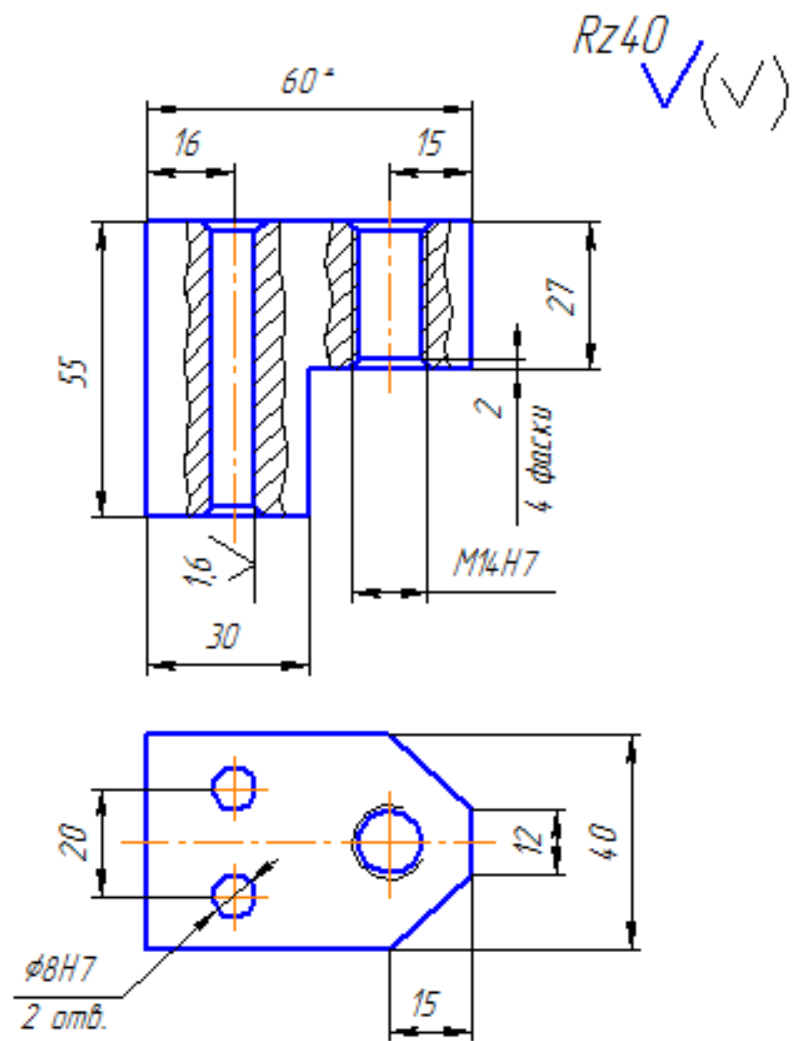


1. \* Розмір для довідок
2. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm IT14/2$
3. HRC 35\_40

Круг  $\frac{20 \text{ ГОСТ } 2590-88}{35-8 \text{ ГОСТ } 1050-88}$

Рисунок Б6 – Гайка МРТАМ 2219070.100.17 (Compas-3D)

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

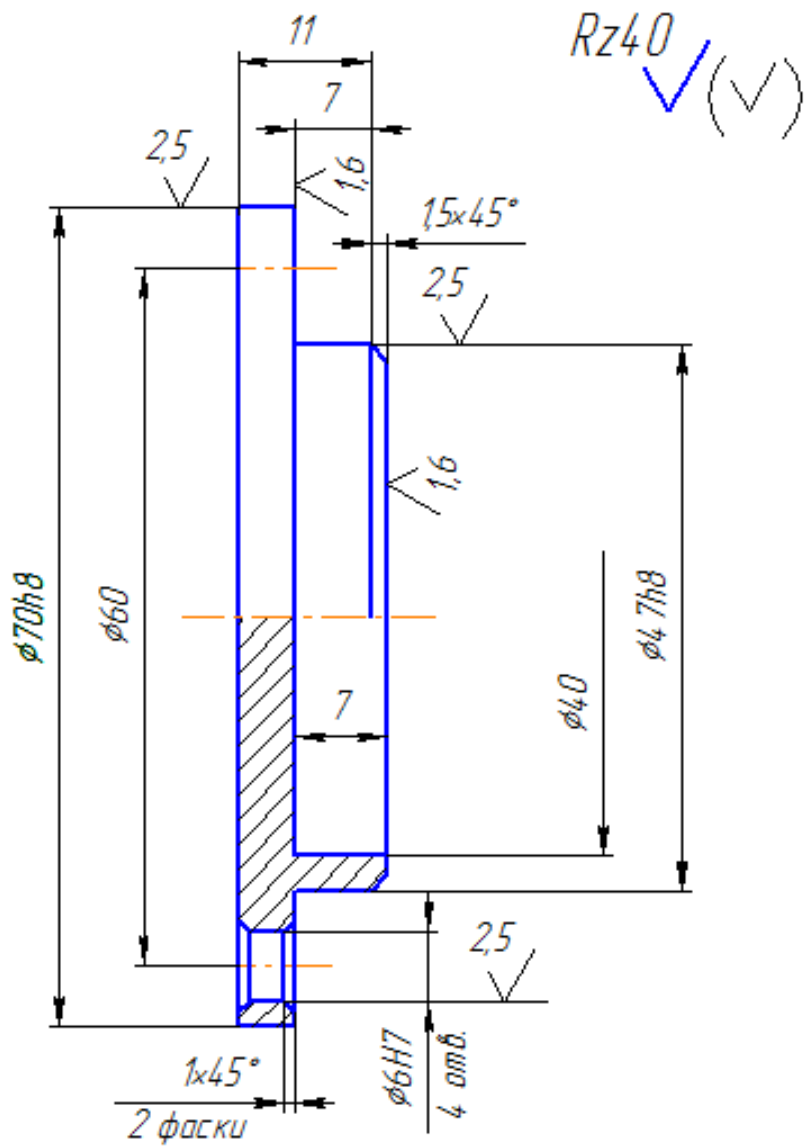


1. \* Розмір для довідок
2. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm IT14/2$
3. HRC 30\_35

*Квадрат*  $\frac{60 - 58 \text{ ГОСТ } 2591-71}{35-2-a \text{ ГОСТ } 1050-88}$

**Рисунок Б7 – Замок МРТАМ 2219070.100.13 (Compas-3D)**

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94



Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm IT14/2$

Круг  $\frac{80 \text{ ГОСТ } 2590-88}{20-8 \text{ ГОСТ } 1050-88}$

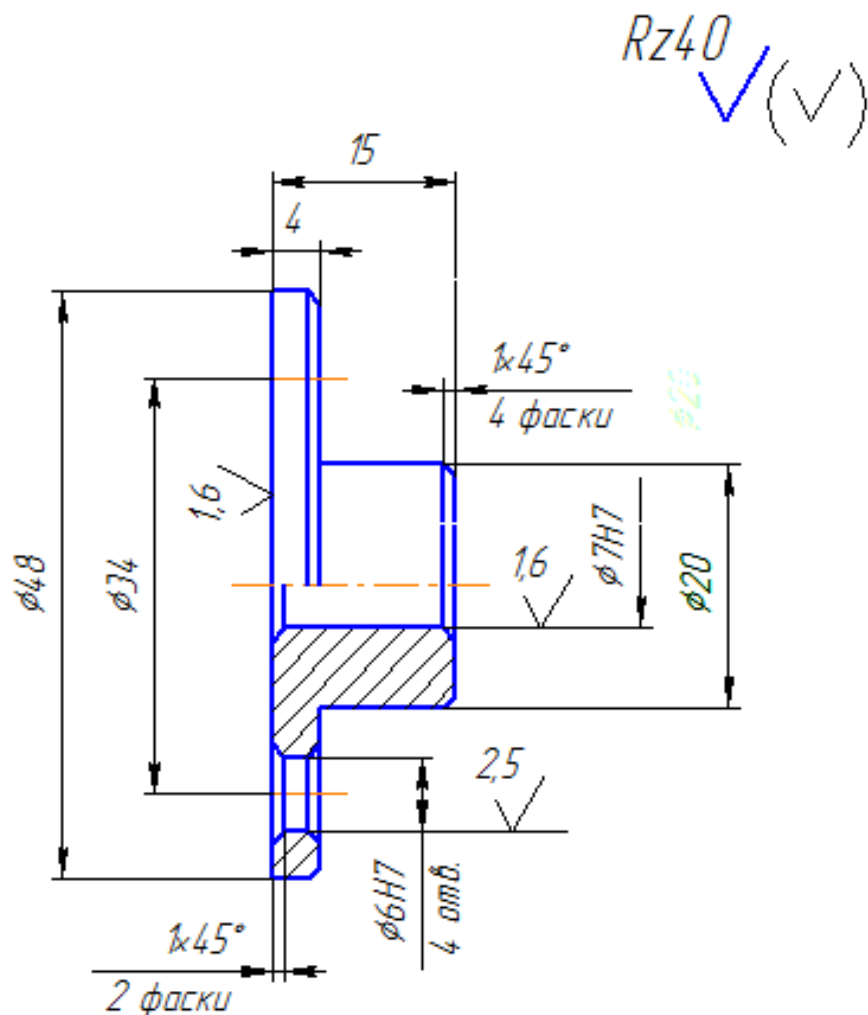
Рисунок Б8 – Крышка МРТМ 2219070.100.22 (Compas-3D)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

95



1. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm IT14/2$
2. Гострі кромки притупити  $R \approx 1.3$  мм
3. HRC 45..50

Круг  $\frac{50 \text{ ГОСТ } 2590-88}{40X-3-T \text{ ГОСТ } 4543-71}$

Рисунок Б9 – Напрямна МРТАМ 2219070.100.19 (Compas-3D)

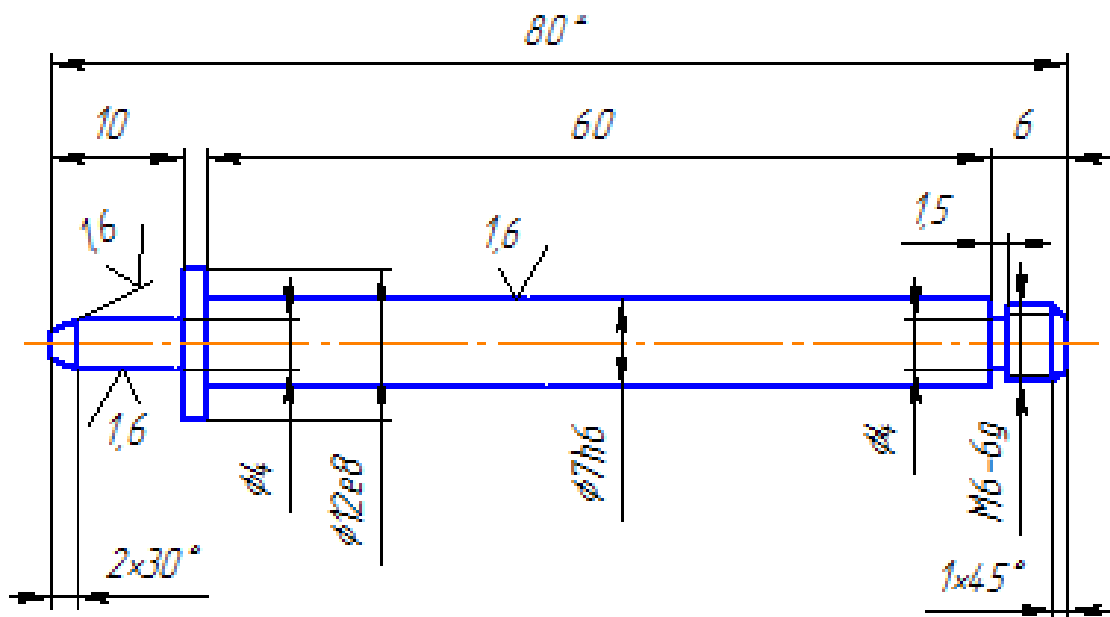
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ

Арк.

96

Rz40 ✓

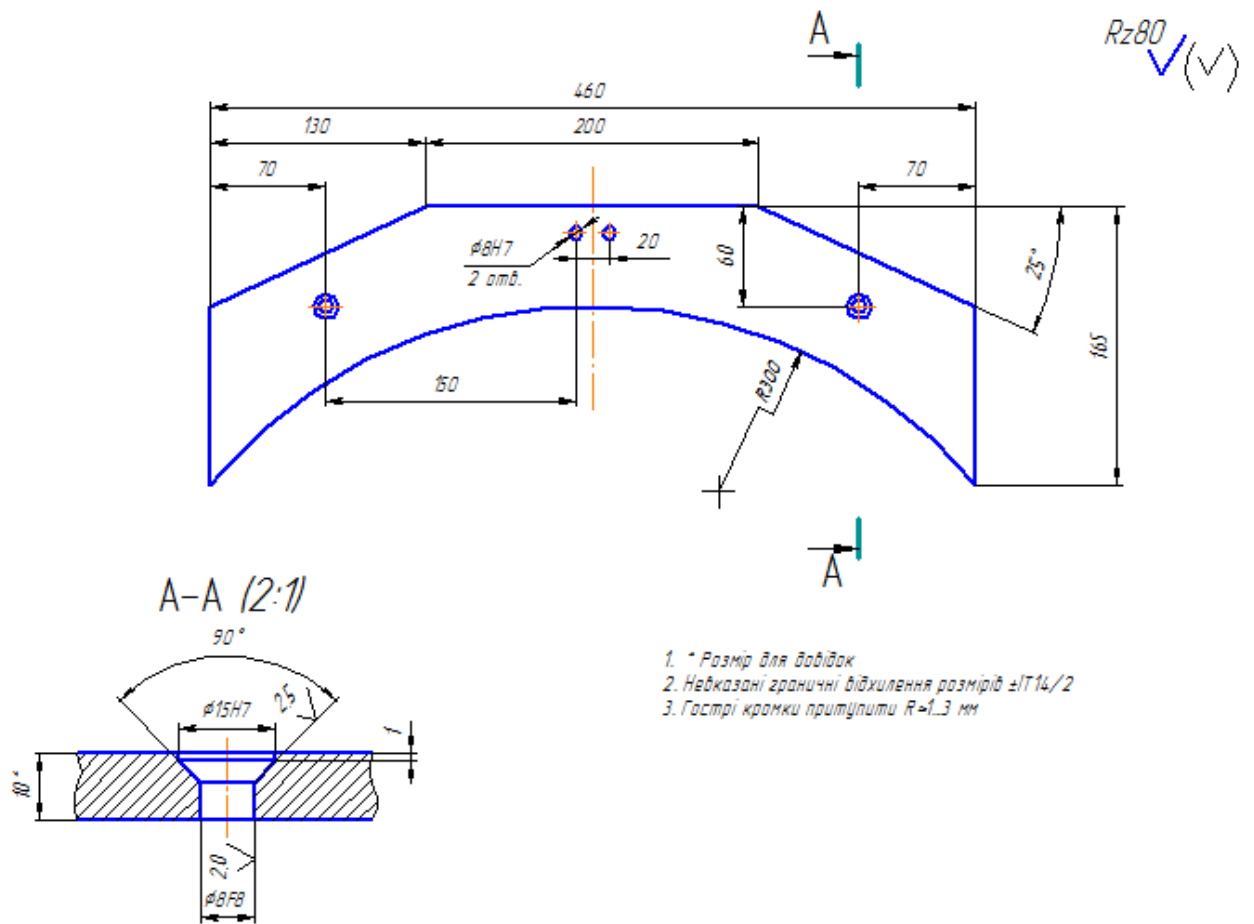


1. \* Розмір для довідок
2. Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm IT14/2$
3. HRC 45\_50

Кружок  $\frac{14 \text{ ГОСТ } 2590-88}{40X-3-T \text{ ГОСТ } 4543-71}$

Рисунок Б10 – Палець МРТМ 2219070.100.18 (Compas-3D)

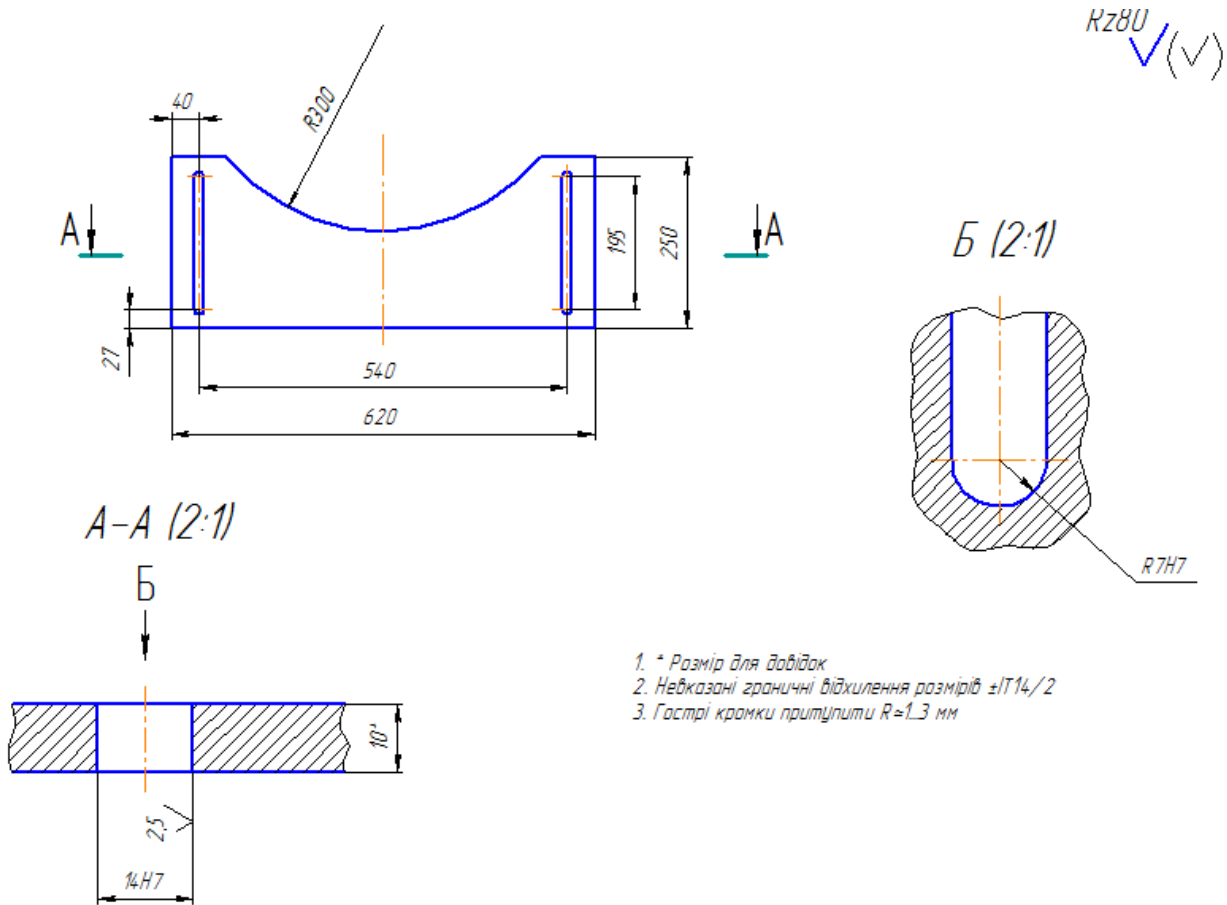
					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Лист Б-ПН-10 ГОСТ 19903-74  
45-3-Т ГОСТ 535-88

**Рисунок Б11 – Стулка нерухома МРТМ 2219070.100.07 (Compas-3D)**

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

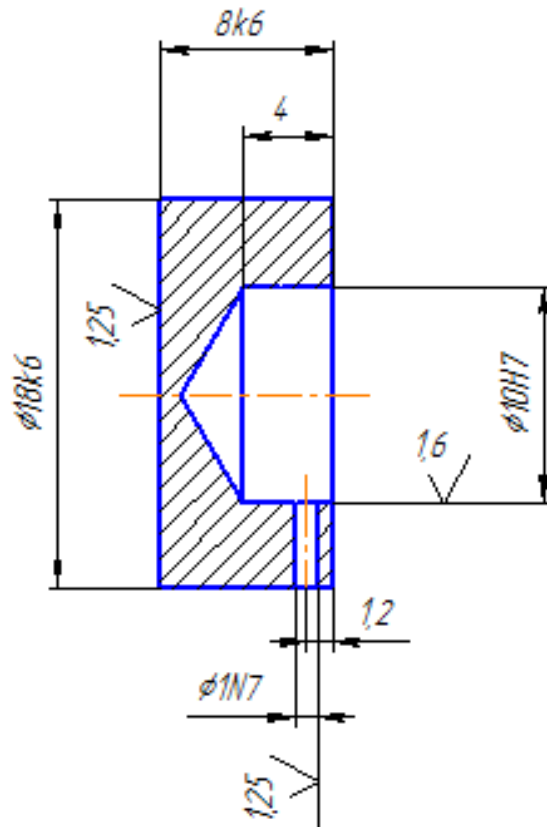


Лист  $\frac{Б-ПН-10 \text{ ГОСТ } 19903-74}{45-3-Т \text{ ГОСТ } 535-88}$

Рисунок Б12 – Стулка рухома МРТАМ 2219070.100.08 (Compas-3D)

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Rz40 ✓(✓)



1. \* Розмір для довідок
2. HRC 55\_60

Круг  $\frac{20 \text{ ГОСТ } 2590-88}{60-\delta \text{ ГОСТ } 1050-88}$

Рисунок Б13 – Упор МРТМ 2219070.100.17 (Compas-3D)

					ДРМТВАТАМ 2219070.000 ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		