

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи

*магістра*

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство. Відновлення та технічний сервіс автомобілів»  
Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: «Дослідження працездатності гальмівної системи самоскида МАЗ-5551»

Шифр МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм-21-1  В.О. Чернявський  
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник *к.т.н., доц. каф. ТАМ*

  
Підпис

О.Ю. Рудик  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри ТАМ *д.т.н., проф.*

 О.В. Диха  
Ініціали, прізвище

7 12 2022 р.

Хмельницький, 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства  
ашиш


Світньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Галузь знань 13 Механічна інженерія

Спеціальність 131 «Прикладна механіка. Відновлення та технічний сервіс  
автомобілів»  
Шифр і назва

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри TAM

проф., д.т.н. Диха О.В.

 19 10 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Чернявському Владиславу Олеговичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи) Дослідження працездатності гальмівної системи  
самоскида МАЗ-5551

Рівень проекту (роботи) Рудик Олександр Юхимович к.т.н., доцент  
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 1 липня 2022 р. № 83 (28)

Строк подання студентом проекту на кафедру 5 грудня 2022 р.

Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення  
осліджуваних деталей; нормативно-технологічна документація з розбирання,  
ефектації, складання і регулювання гальмівних систем

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
Опис моделі й технічні характеристики самоскида МАЗ-5551.  
Виготовлення важеля приводу ручного гальма МАЗ-5551.  
Визначення міцнісних характеристик важеля приводу ручного гальма.

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_  
Графічну частину проекту представити у вигляді презентації на слайдах (20-  
0) шт.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	При
1	Літературний огляд	30.09.2022	
2	Технологічний розділ	15.10.2022	
3	Дослідницький розділ	25.10.2022	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	12.11.2022	
5	Оформлення презентації магістерської роботи	20.11.2022	
6	Нормоконтроль магістерської роботи	01.12.2022	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	05.12.2022	

Студент

\_\_\_\_\_ Підпис



В.О Чернявський  
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Підпис



О.Ю. Рудик  
Ініціали, прізвище



## РЕФЕРАТ

**Обсяг пояснювальної записки** – 85 сторінок, кількість рисунків – 33, таблиць – 8, додатків – 2, кількість джерел згідно із переліком посилань – 26.

**Об'єкт** дослідження: гальмівна система самоскида МАЗ-5551, важіль приводу ручного гальма.

**Мета роботи:** розробка технологічного процесу виготовлення важеля приводу ручного гальма самоскида МАЗ-5551, провести комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану важеля.




**Результати та їх новизна:** розроблений технологічний процес виготовлення важеля приводу ручного гальма самоскида МАЗ-5551 дозволяє отримати якісну деталь з мінімальними витратами часу. Розрахунок режимів різання дозволив визначити їх оптимальні значення. Створено програму для фрезерування площин важеля із застосуванням верстата з ЧПК. Сконструйовано пристосування для розточки отворів у головках важеля. За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану важеля.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи:** запропонований технологічний процес виготовлення важеля приводу ручного гальма самоскида МАЗ-5551 (послідовність операцій, вибір устаткування, ріжучого й мірального інструменту, план установів і переходів, призначення режимів обробки й технічне нормування, карти ескізів, маршрутні та операційні карти).

**Перелік ключових слів:** САМОСКІД МАЗ-5551, ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА, СТОЯНКОВЕ ГАЛЬМО, ВАЖІЛЬ, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ.

## Зміст

Вступ.....	0
<b>Опис моделі й технічні характеристики самоскида МАЗ-5551.....</b>	<b>8</b>
1.1 Будова самоскида МАЗ-5551 .....	9
1.2 Гальмівна система самоскида МАЗ-5551 .....	11
1.2.1 Несправності гальмівної системи .....	22
1.2.2 Регулювання колісних гальм .....	22
1.2.3 Загальні вказівки щодо обслуговування пневматичної системи приводу гальм МАЗ-5551 .....	24
<b>2 Виготовлення важеля приводу стоянкового ручного гальма МАЗ-5551 .....</b>	<b>20</b>
2.1 Аналіз технологічності важеля.....	20
2.2 Розробка маршруту виготовлення важеля.....	27
2.3 Розрахунок припусків на обробку .....	29
2.4 Розрахунок режимів різання операції 010. Фрезерна .....	32
2.5 Розрахунок операції 015. Свердлувальна .....	35
2.6 Виготовлення важеля з використанням верстату з ЧПК .....	37
2.7 Підготовка до роботи на фрезерувальному верстаті з ЧПК.....	40
2.8 Проектування технологічного оснащення для виготовлення важеля.....	41
<b>3 Визначення міцнісних характеристик важеля приводу ручного гальма.....</b>	<b>49</b>
3.1 Функції та призначення ручного гальма .....	49
3.2 Експлуатація ручного гальма.....	51
3.3 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану важеля.....	54

МРТАМ 2217200.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Дослідження працездатності гальмівної системи самоскида МАЗ-5551	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Чернявський					4	
Перевір.		Рудик				ХНУрп.МТВАМ-21-1		
Н.контр.		Бабак						
Затвер.		Диха						

## Зміст

**Вступ.....**

**1 Опис моделі й технічні характеристики самоскида МАЗ-5551 .....**

1.1 Будова самоскида МАЗ-5551 .....

1.2 Гальмівна система самоскида МАЗ-5551 .....

1.2.1 Несправності гальмівної системи .....

1.2.2 Регулювання колісних гальм .....

1.2.3 Загальні вказівки щодо обслуговування пневматичної системи  
приводу гальм МАЗ-5551 .....

**2 Виготовлення важеля приводу стоянкового ручного гальма МАЗ-5551 .....**

2.1 Аналіз технологічності важеля.....

2.2 Розробка маршруту виготовлення важеля.....

2.3 Розрахунок припусків на обробку .....

2.4 Розрахунок режимів різання операції 010. Фрезерна .....

2.5 Розрахунок операції 015. Свердлувальна .....

2.6 Виготовлення важеля з використанням верстату з ЧПК .....

2.7 Підготовка до роботи на фрезерувальному верстаті з ЧПК .....

2.8 Проектування технологічного оснащення для виготовлення важеля.....

**3 Визначення міцнісних характеристик важеля приводу ручного гальма.....**

3.1 Функції та призначення ручного гальма .....

3.2 Експлуатація ручного гальма.....

3.3 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану важеля.....

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав	Чернявський				Дослідження працездатності гальмівної системи самоскида <b>МАЗ-5551</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Рудик						4	
Н.контр.	Бабак				ХНУгр.МТВАм-21-1			
Затвер.	Диха							

3.3.1 Загальні відомості про SolidWorks .....

3.3.2 Загальні відомості про SolidWorks Simulation .....

3.3.3 Визначення працездатності важеля .....

**Висновки** .....

**Список використаних джерел**.....

**Додатки**.....

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

**Актуальність теми.** Гальмівна система самоскида МАЗ-5551 служить для забезпечення безпеки під час руху вантажного автомобіля та фіксації його на стоянці. Справність стоянкового гальма підвищує безпеку експлуатації транспортного засобу та знижує ризик аварій. Тому необхідно регулярно проводити діагностику та обслуговування даного механізму.

**Новизна роботи.** Розроблений технологічний процес виготовлення важеля приводу ручного стоянкового гальма самоскида МАЗ-5551 дозволяє отримати якісну деталь з мінімальними витратами часу. Розрахунок режимів різання дозволив визначити їх оптимальні значення. Створено програму для фрезерування площин важеля із застосуванням верстата з ЧПК. Сконструйовано пристосування для розточки отворів у головках важеля. За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану важеля.

**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:

– XII-й Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи. Якісні дослідження для покращення життя людини», 22 квітня 2022 р., Конін – Ужгород – Перемишль;

– XIII-й Міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні – ІТММ'2022», 18 травня 2022 р., Дніпро: Навчально-науковий інститут промислових і бізнес технологій Українського державного університету науки і технологій;

– Всеукраїнській науково-практичній конференції «Принципи і методи математичної підготовки в багаторівневій системі вищої освіти : сучасний та історичний погляд здобувачів і молодих вчених», 12–13 квітня 2022 р., Харків: ХНАДУ.

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

Зм. Арк. №докум. Підпис Дата

**Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці:** запропонований технологічний процес виготовлення важеля приводу ручного гальма самоскида МАЗ-5551 (послідовність операцій, вибір устаткування, ріжучого й мірального інструменту, план установів і переходів, призначення режимів обробки й технічне нормування, карти ескізів, маршрутні та операційні карти).

—

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		





Ціліснометалевий кузов пристосований тільки для розвантаження назад, а задній борт відкривається та закривається автоматично. Також передбачено можливість опалювати днище відпрацьованими вихлопними газами, що дуже допомагає у зимовий період [3].

Коротка технічна характеристика вантажного самоскида наведена у табл. 1.1

Таблиця 1.1 - Коротка технічна характеристика автомобіля МАЗ-5551 [2]

Вантажопідйомність	8500 кг.
Споряджена маса	7580 кг.
У тому числі:	
– на передню вісь	4130 кг.
– на задню вісь	3450 кг.
Повна маса	16230 кг.
У тому числі:	
– на передню вісь	5980 кг.
– на задню вісь	10250 кг.
Макс. швидкість автомобіля	83 км/ч.
Час розгону автомобіля до 60 км/год.	50 с.
Макс. підйом, який долається автомобілем	25 %
Вибіг автомобіля с 50 км/год.	850 м.
Контрольна витрата палива автомобіля, л/100 км, за 60 км/год.	23,21 л.
Радіус повороту:	
– по зовнішньому колесу	7,9 м.
– габаритний	8,6 м.
Передаточне число ведучого мосту (загальне)	7,79
Об`єм кузова	5,5 м.
Час підйому завантаженого кузова при 1900 об/хв. колінвала двигуна	15 с.
Час опускання порожнього кузова	10 с.

## 1.2 Гальмівна система самоскида МАЗ-5551

Гальмівна система (ГС) МАЗ служить для забезпечення безпеки під час руху вантажного автомобіля та фіксації його на стоянці. Конструктивно вона виконана у вигляді чотирьох незалежних систем: робочої, стоянкової, запасної та допоміжної. У нормальному режимі руху використовують робочу ГС, але у разі виходу її з ладу або застосування екстреного гальмування в роботу включають усі гальма [6-10].

Схема гальмівної системи виконана за принципом незалежної дії на приводні механізми коліс передньої і задніх осей. Пневматична ГС, що застосовується на автомобілях МАЗ, складається з наступних елементів [6].

- компресор;
- резервуари стисненого повітря (ресивери);
- пневмопроводи та прилади керування;
- гальмівні механізми.

На автомобілі може встановлюватись одно- або двоциліндровий компресор. Останній застосовується на тягачах (автопоїздах). Стиснене повітря подається по пневмопроводу в ресивери. В ГС в залежності від моделі може використовуватися 3 або 4 повітряні балони різної ємності. Кожна пара коліс (вісь) має свій ресивер: передня та середня – по 40 л кожен, задня – 20 л. Окремим 20-літровим балоном обладнано стоянкову систему [6].

Будовою гальмівної системи МАЗ передбачено встановлення гальм барабанного типу. Тут гальмування відбувається за рахунок тертя, що виникає внаслідок прилягання колодок, розташованих на нерухомому супорті до внутрішньої поверхні рухомого барабана, який обертається. Виконаний він із чавунної виливки діаметром 420 мм і шириною робочої поверхні 160 мм [6].

Гальмівні колодки виготовлені зі сталі. Зверху встановлені фрикційні накладки з матеріалу, що не містить азбест. Зазор між колодками та поверхнею барабана регулюється важелем із вбудованим автоматичним регулятором. Гальма передніх коліс приводять у дію за допомогою діафрагмових гальмівних камер (ГК). На задніх осях зусилля колодки передається пружинними енергоакумуляторами [6].

					MPTAM 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Керуюче повітря підводиться на виконавчі механізми гальмівним краном через чотириконтурний клапан. Це призводить до дії гальма на всіх колесах одночасно. За наявності причепа, для запобігання його наїзду на тягач, встановлено клапан керування гальмами причепа, який дозволяє спрацьовувати гальма дещо швидше, ніж на тягачі [6].

Гальмівна система МАЗ-5551 – це барабанний пневматичний механізм, що паралельно управляє блоками передніх і задніх коліс. Задній міст прикріплюється до рами за допомогою підвіски. Додаткові підвіски відіграють роль амортизаторів, які поглинають тиск доквілля у двосторонньому режимі [4].

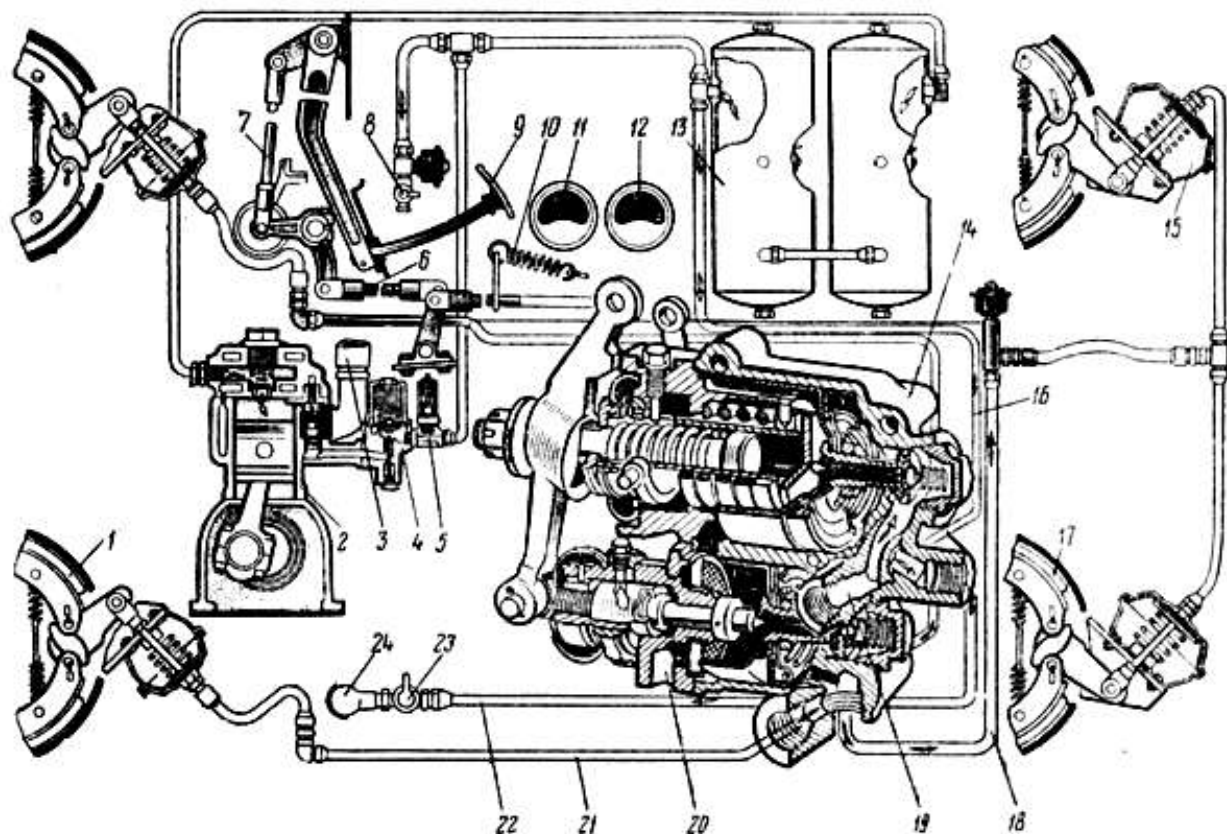
Стоянкове гальмо включається приведенням важеля в заднє положення. При поверненні у переднє положення – вимикається. У проміжних позиціях підключається додаткове гальмо [5].

Автомобілі МАЗ-5551 обладнано двома системами гальм, що діють незалежно одна від іншої: ножної із пневматичним приводом, яка діє на всі колеса автомобіля, і ручної, яка діє на трансмісію. Робочим гальмом при русі автомобіля МАЗ-5551 є ножне; ручне гальмо призначене для гальмування автомобіля на стоянці й тільки в крайньому випадку може бути використане у русі, наприклад, при відмові системи керування ножним гальмом. Пневматична гальмівна система забезпечує автоматичне приведення в дію гальм причепа, якщо останній постачений гальмами з пневматичним приводом.

Застосування пневматичної гальмівної системи МАЗ-5551 полегшує роботу водія та підвищує ефективність дії колісних гальм за порівняно невеликих зусиль водія. Стиснене повітря в пневматичну систему приводу гальм нагнітається компресором 2 (рис. 1.2).

Тиск повітря, що надходить у систему, регулюється регулятором тиску 4, а в разі його несправності — запобіжним клапаном 5. Від компресора стиснене повітря надходить до двох послідовно під'єднаних між собою повітряних балонів 13.

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1 — переднє колісне гальмо; 2 - компресор; 3 - трубопровід подачі повітря в компресор; 4 - регулятор тиску повітря; 5 - запобіжний клапан; 6 - горизонтальна тяга приводу гальмівного крана; 7 - вертикальна тяга приводу гальмівного крана; 8 - кран відбору повітря; 9 - педаль ногого гальма; 10 - зворотна пружина; 11 - показчик тиску повітря в гальмівних камерах; 12 - показчик тиску повітря в пневматичному приводі гальм; 13 - повітряний балон; 14 - гальмівний кран; 15 - гальмівна камера; 16 - повітропровід підведення повітря до гальмівного крана; 17 — заднє колісне гальмо; 18 - повітропровід для подачі повітря до гальмівних камер задніх коліс; 19 - канал подачі повітря до гальмівного крана; 20 - канал для випуску повітря з крана; 21 - повітропроводи подачі повітря до гальмівних камер передніх коліс; 22 - повітропровід подачі повітря до причепа; 23 - роз'єднувальний кран; 24 - сполучна головка

**Рисунок 1.2 – Схема приводу гальм автомобіля МАЗ-5551**

У нижній частині балона є спускний кран для відстою. Від іншого балона повітря, що відстояло від конденсату і масляної пари, по одній із магістралей

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

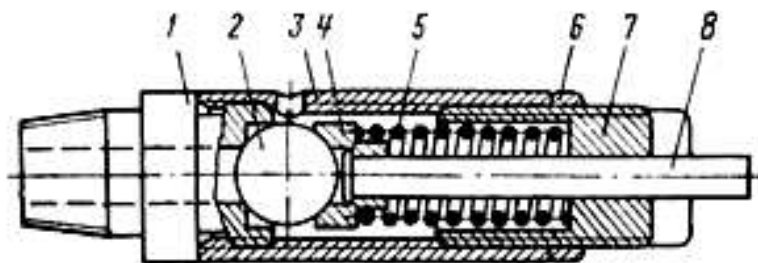
підводиться до запобіжного клапана та регулятора тиску. При збільшеному тиску повітря регулятор впливає на розвантажувальний пристрій компресора, у результаті тиск зменшується до встановленої норми.

По іншій магістралі від повітряного балона стиснене повітря надходить до гальмівного крана 14. Нижній циліндр комбінованого гальмівного крана сполучається повітропроводами 18 і 21 з гальмівними камерами 15 автомобіля. До верхнього циліндра підводиться повітропровід 22, який сполучається з магістраллю причепа. Для цього на кінці повітропроводу встановлений кран роз'єднувальний 23 і сполучна головка 24.

Магістраль причепа підключена, якщо ручка роз'єднувального крана встановлена уздовж корпусу крана, і вимкнена, якщо ручка розташована під кутом 90° до корпусу крана. Кут повороту рукоятки обмежений виступом на ній та пазом у корпусі.

Магістралі автомобіля МАЗ-5551 та причепа сполучаються за допомогою сполучної головки, одна з частин якої встановлена на автомобілі, а інша – на причепі. Один із показчиків (манометрів) вказує тиск повітря у повітряному балоні, а інший – у гальмівних камерах автомобіля. Для цього у відповідних магістралях встановлено датчики тиску повітря.

Запобіжний клапан МАЗ-5551 (рис. 1.3) служить для захисту пневматичної системи від надмірного підвищення тиску у разі несправності регулятора тиску. Він встановлений на компресорі в блоці з регулятором тиску. Запобіжний клапан регулюють так, щоб він відкривався при досягненні пневматичною системою тиску 9-9,5 кг/см<sup>2</sup>.



1 - сідло; 2 - кулька; 3 - корпус; 4 - сухар; 5 - пружина; 6 - контргайка; 7 - гвинт; 8 - стрижень

**Рисунок 1.3 – Запобіжний клапан гальмівної системи МАЗ-5551**

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

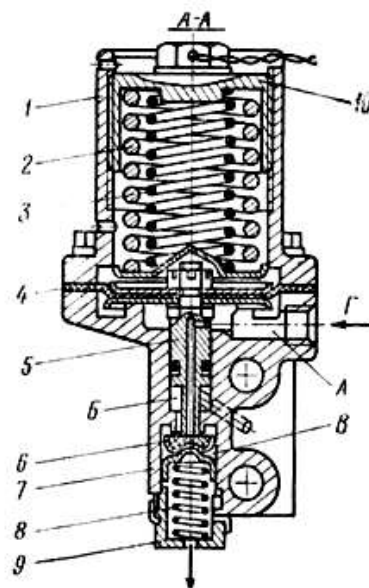
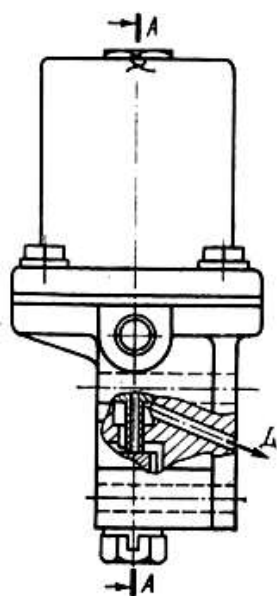


притискається до конічного отвору в корпусі пружиною циліндричної 4 і різьбовою заглушкою 5.

Рукоятка на пробці крана фіксується за допомогою заклепки, що стягує розрізне з'єднання, зроблене на ручці. Проріз пробки крана може займати два положення. Перше положення пробки - проріз її встановлено проти різьбових отворів сполучних магістралей. В цьому випадку вхідна і вихідна магістралі з'єднані та повітря може надходити від автомобіля до причепа.

У другому положенні, перпендикулярному першому, пробка крана ущільнюється в конічному отворі корпусу і магістралі автомобіля та причепа роз'єднані. Кожному з цих положень пробки відповідає крайнє положення рукоятки, яке визначається виступом на ній та пазом у корпусі крана. Повітропроводи з корпусом крана з'єднуються за допомогою прямих ніпелів.

Регулятор тиску гальмівної системи МАЗ-5551 (рис. 1.5) автоматично підтримує необхідний тиск повітря у пневматичній системі гальм шляхом впуску (або випуску) повітря у розвантажувальний пристрій компресора.

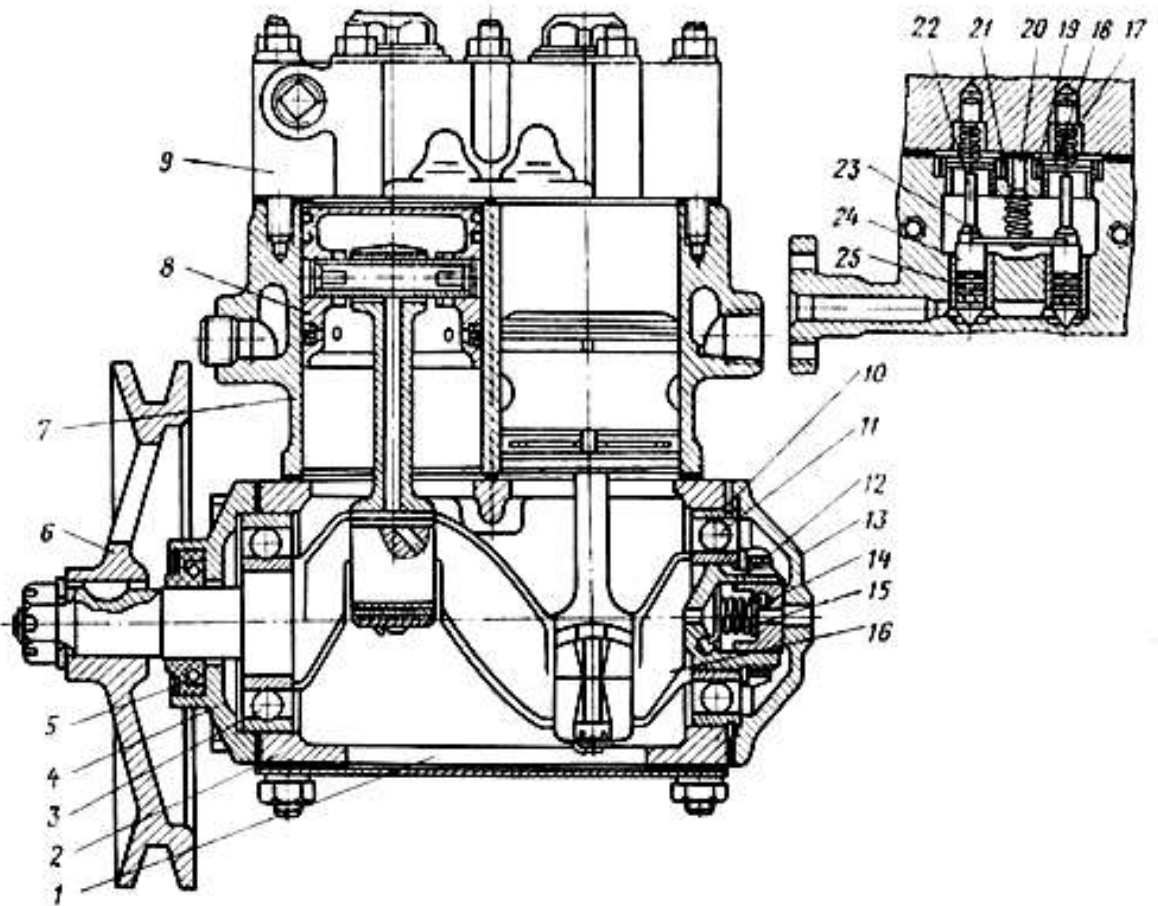


1 - верхній корпус регулятора; 2, 3 і 8 - пружини; 4 - діафрагма; 5 - поршень; 6 - клапан; 7 - нижній корпус регулятора; 9 - пробка; 10 - регулювальна гайка; А - порожнина, з'єднана з повітряним балоном; Б - порожнина (розвантажувальний пристрій компресора); В - порожнина, поєднана з атмосферою; Г - від повітряного балона; Д - в атмосферу

**Рисунок 1.5 – Регулятор тиску гальмівної системи МАЗ-5551**

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата





1 - транспортна заглишка картера компресора; 2 - картер компресора; 3 та 11 - підшипники; 4 - передня кришка компресора; 5 - сальник; 6 - шків; 7 - блок циліндрів компресора; 8 - поршень з шатуном; 9 - головка циліндрів компресора; 10 - стопорне кільце; 12 - упорна гайка; 13 - задня кришка картера компресора; 14 - ущільнювач; 15 - пружина ущільнювача; 16 - колінчастий вал; 17 - пружина впускного клапана; 18 - впускний клапан; 19 - напрямна впускного клапана; 20 - напрямна пружина коромисла; 21 - пружина коромисла; 22 - шток впускного клапана; 23 - коромисло; 24 - плунжер; 25 - кільце ущільнювача

**Рисунок 1.6 – Компресор гальмівної пневматичної системи МАЗ-5551**

Система мащення компресора змішана. Мастило підводиться під тиском від масляної магістралі двигуна до шатунних підшипників. Мастило, що стікає з підшипників шатуна, розбризкується, перетворюється на масляний туман і змащує дзеркало циліндра. Рідина для охолодження компресора гальмівної

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

пневматичної системи надходить трубопроводом із системи охолодження двигуна в блок циліндрів, звідти в головку і відводиться у всмоктуючу порожнину водяного насоса.

Повітря, яке поступає в компресор, потрапляє під пластинчасті впускні клапани 18, розташовані у блоці циліндрів. Впускні клапани розміщуються у напрямних 19, які обмежують їх бічне зміщення. Зверху клапани підтискаються до сідла пружиною впускного клапана. Переміщення клапана вгору обмежується напрямним стрижнем пружини. Коли поршень рухається вниз, над ним у циліндрі створюється розрідження. Канал з'єднує надпоршневий простір із порожниною над впускним клапаном. Тому повітря, що надходить у компресор, долає силу пружини 17 впускного клапана, піднімає його і спрямовується в циліндр за поршнем.

При русі поршня вгору повітря стискається, долаючи силу пружини нагнітального клапана, відриває його від сідла і в щілини, що утворилися, надходить з головки по трубопроводах в пневматичну систему автомобіля.

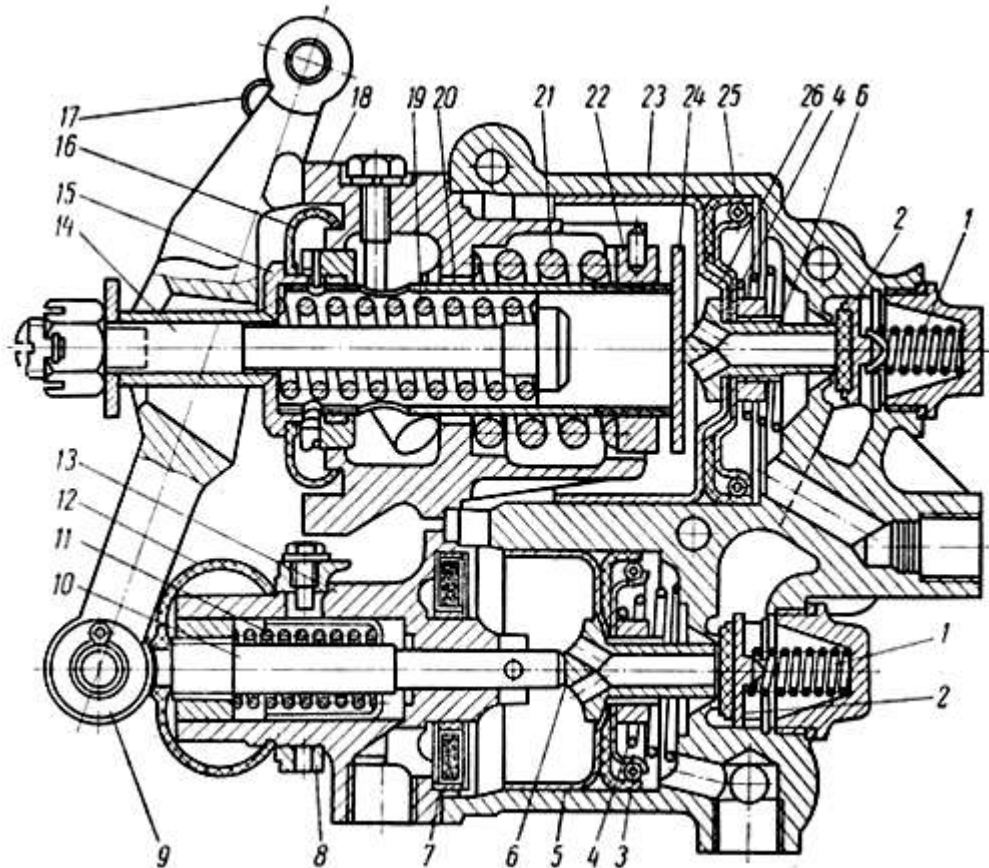
Розвантаження компресора гальмівної системи МАЗ-5551 здійснюється методом перепуску повітря через впускні клапани, що відкриваються, наступним чином. При досягненні в пневматичній системі максимального тиску 7-7,5 кг/см<sup>2</sup> спрацьовує регулятор тиску, який при цьому пропускає стиснене повітря в горизонтальний канал розвантажувального пристрою. Під впливом підвищеного тиску плунжери 24 разом зі штоками 22 піднімаються, долаючи тиск пружин впускних клапанів, і коромисла 23 відривають одночасно від сідла обидва впускні клапани.

У щілини, що утворилися, через канали повітря проходить з циліндра в циліндр, у зв'язку з чим надходження стисненого повітря в пневматичну систему автомобіля припиняється. Після зниження тиску повітря в системі знижується його тиск у горизонтальному каналі, сполученому з регулятором тиску, плунжери та штоки розвантажувального пристрою під впливом пружин опускаються, впускні клапани сідають на свої сідла і знову повторюється процес нагнітання повітря у пневмосистему.

Більшість часу компресор МАЗ-5551 працює без навантаження, перекачуючи повітря з одного циліндра в інший. Нагнітання повітря в

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		





1 - пружина клапана; 2 - клапан; 3 - манжета поршня нижнього циліндра; 4 - зворотна пружина поршня; 5 - поршень нижнього циліндра; 6 - шток поршня; 7 - фільтр; 8 - регулювальне кільце випередження гальмування причепа; 9 - важіль; 10 - шток нижнього циліндра; 11 - пружина штока; 12 - нижній захисний чохол; 13 - кришка нижнього циліндра; 14 - тяга верхнього циліндра; 15 - регулювальна гайка; 16 - верхній захисний чохол; 17 - важіль ручного приводу; 18 - кришка верхнього циліндра; 19 - пружина тяги; 20 - трубка урівноважуючої пружини; 21 - врівноважуюча пружина; 22 - упорна гайка; 23 - корпус гальмівного крана; 24 - упорна пластина; 25 - манжета поршня верхнього циліндра; 26 - поршень верхнього циліндра

**Рисунок 1.7 – Гальмівний кран МАЗ-5551**

Конічна зворотна пружина переміщає поршень до зіткнення головки штока з упорною пластиною труби пружини, що врівноважує. З іншого боку, урівноважуюча пружина, притискає упорну пластину до головки штока.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

Урівноважуюча пружина одним кінцем упирається у виступ на передній кришці верхнього циліндра, а іншим — в торець упорної гайки, навернутої на задній кінець труби урівноважуючої пружини.

Для збереження необхідного натягу пружини гальмівного крана МАЗ-5551 гайку контрять штифтом, який входить у паз припливу кришки. На передній різьбовий кінець труби, що виступає з корпусу, накручена гайка, яка створює попередній натяг урівноважуючої пружини. Гайка разом із накрученою на неї кільцевою втулкою застопорена на трубі за допомогою пружинного кільця, один кінець якого входить у отвори на втулці, гайці та трубі, які збігаються.

Труба урівноважуючої пружини має по колу кілька отворів, в одне з яких входить циліндричний хвостовик стопорного болта, вкрученого в кришку верхнього циліндра. Болт запобігає можливості мимовільного прокручування труби.

### 1.2.1 Несправності гальмівної системи

До несправностей гальмівної системи МАЗ-5551 відносяться [7]:

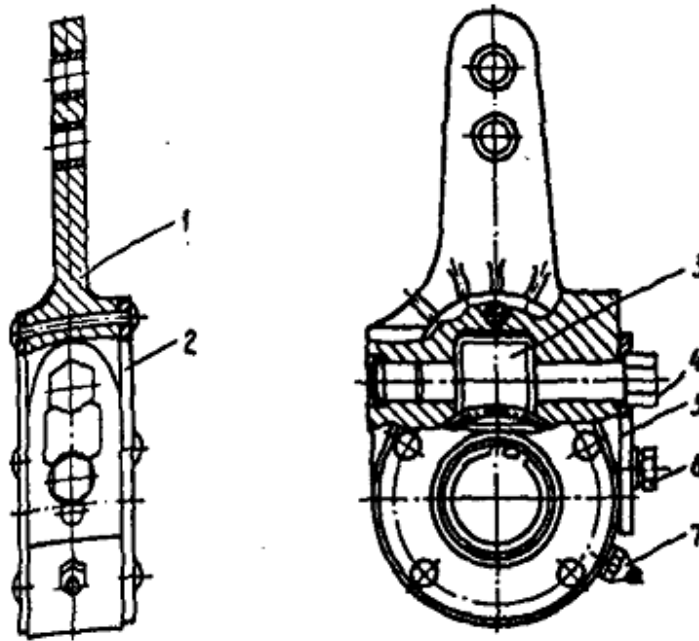
- вібрація, сторонні звуки при гальмуванні;
- відхилення автомобіля від прямої траєкторії при гальмуванні;
- негерметичність пневматичного приводу гальм;
- скрип гальм;
- збільшення гальмівного шляху;
- занадто легкий хід педалі гальма;
- нагрівання гальмівних барабанів;
- нерівномірне знос колодок.

Несправності гальмівної системи, які можуть виникнути під час експлуатації автомобіля, призводять до сумних наслідків [7].

### 1.2.2 Регулювання колісних гальм

Регулювання колісних гальм виконують у такій послідовності (рис. 1.8 – [7, 8]):

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1 - корпус; 2 - кришка; 3 - черв'як; 4 - шестерня; 5 - стопорна пластина; 6 - болт; 7 - маслянка

**Рисунок 1.8 – Регулювальний важіль**

- підняти домкратом колесо;
- послабити болт 6;
- зрушити стопорну пластину 5 від черв'яка вгору;
- повернути черв'як 3 регулювального важеля розтискного кулака до прихоплення барабана при обертанні колеса;
- повернути черв'як у зворотний бік на 1/2-1/3 обороту, що відповідає ходу штока в межах 25-40 мм;
- зупинити вісь черв'яка, зсунувши у вихідне положення пластину і закріпивши її болтом.

Регулюванню переднього колісного гальма має передувати регулювання підшипників маточин коліс. Зазор між накладками та барабаном регулюють на холодних гальмах.

Після регулювання перевіряють одночасність гальмування коліс переднього та заднього мостів під час руху автомобіля.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

### 1.2.3 Загальні вказівки щодо обслуговування пневматичної системи приводу гальм МАЗ-5551

Під час експлуатації автомобіля МАЗ-5551 потрібно постійно слідкувати за тиском повітря у повітряних балонах за показаннями манометра, розташованого на панелі приладів. Тиск повітря вище 7,5 та нижче 6,5 кг/см<sup>2</sup> вказує на несправність регулятора тиску. Щодня наприкінці робочого дня, коли в балонах знаходиться стиснене повітря, відкривати крани балонів і видаляти конденсат, що накопичився у них. В іншому випадку конденсат потрапить у трубопроводи, гальмівний кран і т.д., внаслідок чого порушиться робота обладнання пневматичної системи.

Крім того, взимку можливе закупорювання трубопроводів внаслідок замерзання у них води. Велика кількість мастила у балонах вказує на несправність компресора: причиною його скупчення в балонах є зношування поршневих кілець компресора. Взимку перед спуском конденсату балони потрібно прогріти в теплом приміщенні або полити гарячою водою для відтавання води, що накопичилася і замерзла в них. Якщо конденсат спускати за відсутності повітря в балонах, він повністю не видаляється.

Потрібно періодично перевіряти герметичність спускного крана та всіх з'єднань балонів, а також перевіряти та підтягувати кріплення балонів. Один раз на рік необхідно знімати з автомобіля повітряні балони, продувати їх паром та промивати гарячою водою. Після очищення та промивання перевірити міцність балонів водою під тиском 14 кг/см<sup>2</sup>. Випробовувати балони стисненим повітрям забороняється.

Користуючись гальмами та іншим обладнанням пневматичної системи МАЗ-5551 необхідно економно витрачати повітря. При тривалому гальмуванні не слід багато разів з перервами натискати на гальмівну педаль, оскільки це викликає велику перевитрату повітря. Забороняється брати повітря для накачування шин та інших цілей із сполучної головки. Для цього є кран відбору повітря.

Шланг для відбору повітря приєднують до бокового отвору крана, що закривається ковпачковою гайкою. Після припинення відбору повітря потрібно

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

закривати отвір крана ковпачковою гайкою. При неприєднаній магістралі приводу гальм причепа роз'єднувальний кран у сполучної головки повинен бути закритий.

Якщо МАЗ-5551 не використовується для роботи з причепом, оснащеним гальмами з пневматичним приводом, слід відключити привід до важеля гальмівного крана від приводу ручного гальма, для чого зняти сполучну тягу.

Потрібно систематично перевіряти герметичність пневматичної схеми. Витік повітря може відбуватися через основні елементи системи, а також крани та з'єднання трубопроводів. Місце витіку виявляють по шиплячому звуку повітря, що виходить, а також при обмазуванні передбачуваних місць витіку мильною водою. Для усунення витіку повітря через трубопроводи потрібно підтягнути гайки. Якщо затягування гайок не допомагає, потрібно відкрутити і замінити конусну муфту на кінці трубки.

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



$$П = \frac{N \cdot n}{D_p}, \quad (2.1)$$

де  $N$  – річна програма (шт.);

$n$  – кількість днів запасу,  $n = 5-10$  днів, приймаємо  $n = 7$ ;

$D_p$  – число робочих днів у році.

$$П = \frac{8000 \cdot 7}{253} = 222 \text{ шт.}$$

Таким чином, отримано дрібносерійне виробництво. Лиття використовується як метод отримання заготовки. Оскільки допустимі допуски на розміри 5-6 класу точності і чистота поверхні 1-2 класу, приймаємо 2-й клас точності лиття.

## 2.2 Розробка маршруту виготовлення важеля

Маршрут виготовлення важеля приводу ручного гальма наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрут виготовлення важеля приводу ручного гальма

Операція	Найменування операції та зміст основних переходів	Обладнання	Оснащення та інструменти
005	Вертикально-фрезерна. Фрезерувати торці нижньої головки важеля	Вертикально-фрезерний верстат 6P13	Лещата 7200-0210 125 ДЕСТ 14904-80; Фреза 2210-0062 ГОСТ 9304-69 D40-z10
010	Вертикально-фрезерна. Фрезерувати торець поверхні 1 Ø40 мм з двох сторін, витримуючи розмір 12 мм від осі	Вертикально-фрезерний верстат 6P13	Пристосування спеціальне; Фреза 2210-0072 ДЕСТ 9304-69 D63-

						МРТАМ 2217200.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				

	заготовки. Фрезерувати торець поверхні 2 Ø22 мм з двох сторін, витримуючи розмір 5 мм від осі заготовки. Зачистити заусенці після фрезерування.		z14; Напилек 2822-0135 ДЕСТ 1465-80; Штангенциркуль -I-125-0,1-1 ДЕСТ 14861-91
015	Свердлувальна. Розсвердлити отвір Ø10 <sup>+0,2</sup> мм напрохід. Розсвердлити отвір Ø25 <sup>+0,14</sup> мм напрохід. . Зенкерувати отвір Ø 25 <sup>+0,14</sup> мм з двох сторін.	Вертикально-свердлувальний 2Н135	Пристосування спеціальне; Свердло 2301-0076 ДЕСТ 10903-77 D10; Патрон 13-B22 ДЕСТ 8522-79; Свердло 2301-0076 ДЕСТ 10903-77 D25; Патрон 26-B22 ДЕСТ 8522-79; Зенкер 2323-0544 ДЕСТ 12489-71
020	Свердлувальна. Свердлувати отвір Ø10,5 мм напрохід, витримуючи розмір 12 мм.	Вертикально-свердлувальний 2Н135	Лещата 7200-0210 125 ДЕСТ 14904-80; Свердло 2301-0076 ДЕСТ 10903-77 D10,5; Патрон 13-B22 ДЕСТ 8522-79
025	Горизонтально-протяжна. Протягнути шпонковий паз, витримуючи розміри 6 <sup>+0,12</sup> / <sub>+0,04</sub> мм і 27,8 <sup>+0,18</sup> мм.	Верстат протяжний, горизонтальний 7Б559	Адаптер 2.7622-4075; Протяжка 2405-1808-1 ДЕСТ 18218-80 b6x2.8 P9
030	Вертикально-фрезерна. Фрезерувати роз'єм нижньої головки важеля, витримуючи розмір 3 мм.	Вертикально-фрезерний верстат 6Р13	Пристосування спеціальне; Фреза 2250-0001 Н9 ДЕСТ 3964-69 D50-z14-B3

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

## 2.3 Розрахунок припусків на обробку

Припуски – це надлишок металу, який необхідно зняти для отримання остаточних розмірів деталей і заданої шорсткості її поверхні [10-13].

Розрахунок припусків і допусків проводиться за розмірами отвору у верхній голівці важеля –  $\varnothing 10^{+0,2}$  мм. Початкові значення припусків і розмірних допусків записуються в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні значення припусків і допусків на розмір

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Допуск $\delta$ , мкм
	$Rz$	$T$	$\rho$	$\epsilon$	
Вихідні дані заготовки	200	300	-	0	360
Розсвердлювання	40	60	-	0	200

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного виду, мкм:

$$\rho_3 = \Delta_k * L \quad (2.2)$$

де  $\Delta_k = 1,7$  мкм/мм – питома вага заготовки;

$L$  – довжина заготовки.

$$\rho_3 = 1.7 * 105 = 178.5 \text{ мкм.}$$

Залишкова величина просторового відхилення після розсвердлювання, мкм:

$$\rho_{св} = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_k * l)^2}, \quad (2.3)$$

де  $C_0$  – питоме зміщення;

$l$  – довжина свердлування.

$$\rho_{св} = \sqrt{15^2 + (1.7 * 10)^2} = 22.67 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімальних припусків, мкм:

$$2Z \min_i = 2 * \left[ Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (2.4)$$

$$2Z \min_{св} = 2 * \left[ 200 + 300 + \sqrt{178,5^2 + 0^2} \right] = 1358 \text{ мкм.}$$

Розрахунок діаметра заготовки, мм:

$$d_з = d_{св} - 2Z \min_{св} = 10,2 - 1,358 = 8,84 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Мінімальні та максимальні значення припусків, мкм:

$$2Z_{\min}^{np} = d_{\max св} - d_{\max з} = 10,2 - 8,84 = 1360 \text{ мкм,} \quad (2.6)$$

$$2Z_{\max}^{np} = d_{\min св} - d_{\min з} = 10 - 8,48 = 1520 \text{ мкм.} \quad (2.7)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{\max}^{np} - 2Z_{\min}^{np} = 1520 - 1360 = 160 \text{ мкм;} \quad (2.8)$$

$$\delta_з - \delta_{св} = 360 - 200 = 160 \text{ мкм.} \quad (2.9)$$

Зводимо отримані значення у табл. 2.5. Креслення заготовки представлено на рис. 2.1.

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Припуски та граничні розміри за технологічними переходами на обробку отвору  $\varnothing 10^{+0.2}$  мм.

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Граничні значення припусків		Допуск $\delta$ , мкм	Граничні розміри	
	$Rz$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$	$2z \text{ min}$	$2z \text{ max}$		$d \text{ min}$	$d \text{ max}$
<b>Вихідні дані заготовки</b>	200	300	178,5	0	-	-	360	8,48	8,84
<b>Розсвердлювання</b>	40	60	22,67	0	1360	1520	200	10	10,2

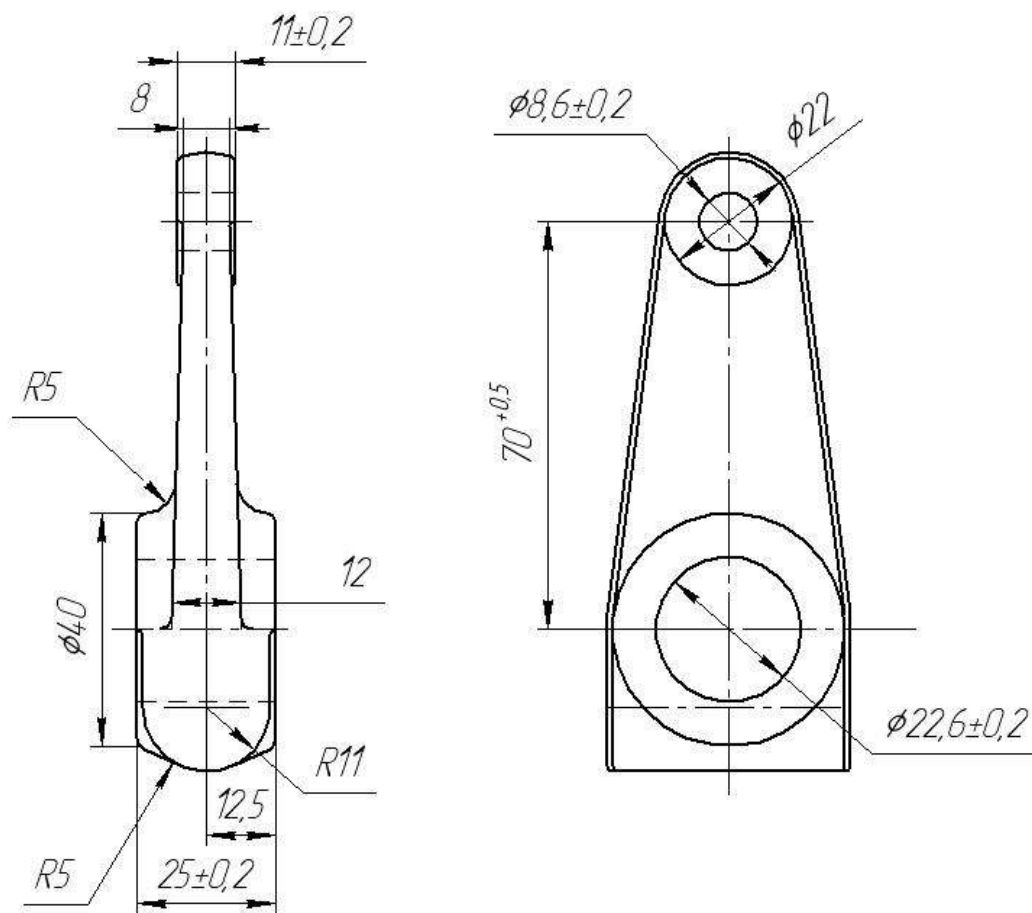


Рисунок 2.1 – Креслення заготовки важеля приводу ручного гальма

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

## 2.4 Розрахунок режимів різання операції 010. Фрезерна

2.4.1 Розрахунок операції 010. Фрезерна [10-13].

Фрезерувати поверхню Ø40 мм. Приймаємо торцеву фрезу  $d = 63$  мм,  $Z=14$ ; верстат вертикально-фрезерний 6P13, пристрій спеціальний, вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ1-250-0,1 ДЕСТ 166-89.

Встановлюємо глибину різання  $t = 1$  мм (величина припуску на чорнову обробку поверхні).

Приймаємо подачу  $S_z = 0,15$  мм/об.

Встановлюємо період стійкості фрези  $T = 180$  хв.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v * D^q * K_v}{T^m * t^x * S^y * B^u * Z^p}, \quad (2.10)$$

де  $C_v = 445$ ;

$q = 0,2$ ;

$K_v = 1,04$ ;

$x = 0,15$ ;

$y = 0,35$ ;

$u = 0,2$ ;

$P = 0$ ;

$m = 0,32$ ;

$B = 40$  мм.

$$V = \frac{445 * 63^{0.2} * 0.85}{180^{0.32} * 1^{0.15} * 0.15^{0.35} * 40^{0.2} * 14^0} = 186,24 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя верстата:

					MPTAM 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 * 186,24}{3,14 * 63} = 941 \text{ хв.}^{-1}.$$

Уточнюємо величину  $n$  за паспортними даними верстата  $n_{ш} = 1000 \text{ хв.}^{-1}$ .

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V_g = \frac{3,14 * 63 * 1000}{1000} = 198 \text{ м/хв.}$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні, Н:

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z * K_{mp}}{D^q * nu^w}, \quad (2.11)$$

де  $C_p = 825$ ;

$x = 1$ ;

$y = 0,75$ ;

$u = 1,1$ ;

$q = 1,3$ ;

$w = 0,2$ ;

$K_{mp} = 1,09$ ,

$$P_z = \frac{10 * 825 * 1^1 * 0,15^{0,75} * 40^{1,1} * 14 * 1,09}{63^{1,3} * 1000^0} = 2013 \text{ Н.}$$

Потужність різання при фрезеруванні:

$$N_p = \frac{P_z * V_g}{1020 * 60} = \frac{2013 * 198}{1020 * 60} = 6,5 \text{ кВт.} \quad (2.12)$$

Потужність на шпинделі верстата:

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$N_{uz} = \frac{N_p}{\eta} = \frac{6,5}{0,85} = 7,66 \text{ кВт.} \quad (2.13)$$

Коефіцієнт використання верстата за потужністю:

$$K = \frac{N_{uz}}{N_d} = \frac{7,66}{10} = 0,77. \quad (2.14)$$

Дана операція можлива.

Розрахунок основного часу фрезерної операції, хв.:

$$T_0 = \frac{L}{S_m} \quad (2.15)$$

де  $L = 40$  мм – довжина фрезерування;

$S_m$  – хвилинна подача.

$$S_m = s_z * z * n_{uz} = 2100 \text{ мм/хв.} \quad (2.16)$$

$$T_0 = \frac{40}{2100} = 0,019 \text{ хв..}$$

Час виконання всієї операції.

$T_o$  – основний технологічний час;

$T_g = 0,93$  - допоміжний час;

$T_{mex} = 0,29$  - час технічного обслуговування;

$T_{org} = 0,062$  - час організаційного обслуговування;

$T_{vidn} = 0,094$  - час, що витрачається на відпочинок та особисті потреби.

$$T_{uzm} = T_o + T_B + T_{mex} + T_{org} + T_{vidn} = 1,4 \text{ хв..} \quad (2.17)$$

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Тоді фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi * d * n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 * 10 * 750}{1000} = 23,56 \text{ м/хв.} \quad (2.20)$$

Крутний момент, Нм та осьова сила, Н:

$$M = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p \quad (2.21)$$

$$P = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p \quad (2.22)$$

де  $C_M, C_p$  — постійна величина для даних умов різання;

$m, x, y, q$  — показники ступені;

$K_p$  — поправочний коефіцієнт;

$D$  — діаметр інструменту.

$$M = 10 * 0,034 * 10^2 * 0,17^{0,8} * 0,95 = 7,94 \text{ Нм,}$$

$$P = 10 * 68 * 10^1 * 0,17^{0,7} * 0,95 = 1867,89 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M * n_{\phi}}{9750} = \frac{7,94 * 750}{9750} = 0,61 \text{ кВт.} \quad (2.23)$$

Потужність на шпинделі верстату:

$$N_w = \frac{N_p}{\eta} = \frac{0,61}{0,85} = 0,72 \text{ кВт.} \quad (2.24)$$

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт використання верстату за потужністю:

$$K = \frac{N_{\text{и}}}{N_{\text{д}}} = \frac{0,72}{2,4} = 0,3 \quad (2.25)$$

Дана операція можлива.

Розрахунок основного часу свердлувальної операції, хв.:

$$T_0 = \frac{L}{n_{\text{и}} * S_{\text{м}}} = \frac{14}{750 * 0,17} = 0,11, \text{ хв.} \quad (2.26)$$

де  $L = 14$  мм – довжина свердлування;

$S_{\text{м}}$  –подача.

Час виконання всієї операції.

$T_0$  – основний технологічний час;

$T_{\text{д}} = 0,14$  - допоміжний час;

$T_{\text{тех}} = 0,08$  - час технічного обслуговування;

$T_{\text{орг}} = 0,02$  - час організаційного обслуговування;

$T_{\text{відп}} = 0,03$  - час, що витрачається на відпочинок та особисті потреби.

$$T_{\text{итт}} = T_0 + T_{\text{д}} + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{відп}} = 0,38 \text{ хв.}$$

## 2.6 Виготовлення важеля з використанням верстату з ЧПК

Числове програмне керування (скор. ЧПУ; англ. computer numerical control, скор. CNC - комп'ютерне числове керування) – область техніки, пов'язана із застосуванням цифрових обчислювальних пристроїв для керування виробничими процесами [14].

Устаткування з ЧПК може бути представлене:

- верстатним парком, наприклад, верстатами (верстати, обладнані числовим програмним управлінням, називаються верстатами з ЧПУ) для обробки металів (наприклад, фрезерні або токарні), дерева, пластмас;

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



– доцільно передбачити операції підготовки технологічних баз на початку маршруту в окремій операції на спеціальних верстатах; наприклад, у технологіях обробки валів обробку торців та виконання центрових отворів доцільно виконувати на фрезерно-центруючих верстатах.

Технологічна оснастка включає верстатні пристрої та різальний інструмент. При виборі пристрою необхідно врахувати схему базування.

До різальних інструментів для верстатів з ЧПК ставляться підвищені та специфічні вимоги [15-16]:

- високі різальні властивості, надійність, довговічність;
- якісне формування та подрібнення стружки;
- універсальність, можливість попереднього налаштування поза верстатом.

Результати розробки технологічного маршруту зведено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Технологічний маршрут обробки важеля на верстаті з ЧПК (операція 010)

Основні переходи	Верстати
<p style="text-align: center;">Вертикально-фрезерна.</p> <p>Фрезерувати торець поверхні Ø 40 мм з двох сторін, витримуючи розмір 12 мм від осі заготовки. Фрезерувати торець поверхні 2 Ø 22 мм з двох сторін, витримуючи розмір 5 мм від осі заготовки. Зачистити задирки після фрезерування.</p>	<p>Вертикально-фрезерний з ЧПУ 6P13Ф30-1 (рис. 2.2)</p>

Керуюча програма для верстата з ЧПУ:

N010 G22 G41 G49 G55 G81 G91

N020 M07 T02

N030 G44 H02

N040 M04 S10000

N050 G01 X01 Y51.5

N060 G01 Z0.5

N070 G02 Z-1 F2501

N080 G02 X01 Y-21

N090 G02 Z6  
N100 M06  
N110 M07 T03  
N120 G43 H01  
N130 M04 S755  
N140 G01 X01 Y-111  
N150 G01 Z-6.5  
N160 G02 Z-2 F2550  
N170 G02 X01 Y-597  
N180 G02 Z15  
N190 M06  
N200 M35



**Рисунок 2.2 – Верстат вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13Ф30 [18]**

### **2.7 Підготовка до роботи на фрезерувальному верстаті з ЧПК**

Участь людини в процесі зводиться до правильної установки і закріпленню заготовки на робочому столі техніки. І, зрозуміло, завантаженню 3D-моделі обробки до блоку керування [17].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.



Пристосування застосовується при розсвердлювання отворів в головці важеля і призначене для базування заготовки торцевими площинами головок, а також для затискання заготовки з двох сторін.

Для розрахунку сили закріплення необхідно знати величини та напрями дій сил обробки та моменти від них, що діють на об'єкт під час обробки, а також схеми розміщення настановних та затискних елементів.

Під час свердління на заготовку діє момент різання  $M$ , який повертає заготовку щодо опорної бази. Дію моменту  $M$  врівноважує сила  $W$ , яка утворює сили тертя, що протидіють провороту. Тому сила закріплення  $W$  повинна бути більшою за суму сил, що зрушують об'єкт, і, одночасно, утворювати момент тертя, більший за момент повороту [19-20].

Для цього у рівняння статки вводять коефіцієнт запасу сили закріплення. Рівняння рівноваги важеля під час дії активних сил та моментів від них мають наступний загальний вигляд [19-20]:

$$k * \sum_i^n P_i = \sum_i^m F_i \quad (2.27)$$

$$k * \sum_i^n M_i = \sum M_{fi} \quad (2.28)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу сил закріплення;

$F_i$  – активна сила (складова сили обробки), яка зміщує об'єкт, и сила тертя, що протидіє зміщенню, відповідно;

$M_{fi}$  – активний момент сил (момент від складової сили обробки), що обертають об'єкт, та момент сил, який протидіє обертанню об'єкта відповідно;

$n$  - кількість активних сил (моментів);

$m$  - кількість протидіючих сил (моментів).

Розрахунок необхідної сили закріплення, коли у пристосуванні використовують силовий механізм (тип 1) і складова сили обробки збігається за напрямом дії з силою закріплення, слід проводити за умовою рівноваги об'єкта з урахуванням перерозподілу реакцій у настановних та затискних елементах.

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



кутового зміщення на установочній площині та кутового зміщення навколо осі, паралельної базової площини (перекидання).

Умовою збереження рівноваги є усунення кутового зміщення щодо осі симетрії [19-20]:

$$kM = (0.35 * r_1 + 0.65 * r_2) * W * f \quad (2.31)$$

де  $W$  – затискна сила,

$M$  – момент різання;

$r_1, r_2$  – радіуси закріплення заготовки;

$f$  – коефіцієнт тертя, у випадку пари тертя сталь – сталь  $f = 0.16$ ;

Після підстановки у формулу 2.31 значень отримаємо:

$$W = \frac{k * M}{f(0,35 * r_1 + 0.65 * r_2)} = \frac{2,7 * 100}{0,16 * (0,0175 + 0,052)} = 24545 \text{ Н} \quad (2.32)$$

Для подальших розрахунків приймаємо набуте значення сили закріплення, визначене з умови рівноваги.

Розрахунок пневмоциліндра зводиться до визначення діаметра  $D$  циліндра за відомими необхідними зусиллями приводу  $Q$ , часу  $t_c$  спрацьовування пневмоциліндра, товщини стінки  $d$  пневмоциліндра і визначення необхідних геометричних параметрів елементів пневмоциліндра, що сприймають навантаження.

Діаметр циліндра [19-20]:

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q}{\pi * p_p * \eta}} \quad (2.33)$$

$\eta = 0,85 - 0,9$  - коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра,

$p_p$  – номінальний тиск повітря на циліндрі ( $p_p = 1$  мПа).

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

Отримали в результаті розрахунків  $D = 12$  мм.

Час спрацьовування [19-20]:

$$t_c = 22.8 * 10^{-8} \frac{\varepsilon * s}{\beta^2 \sqrt{\varepsilon^{1.43} - \varepsilon^{1.715}}} \quad (2.34)$$

$$t_c = 84.4 * 10^{-8} \frac{\varepsilon * s}{\beta^2} \quad (2.35)$$

де  $\beta = \frac{d_0}{D}$  - відношення діаметра пневмотрубопроводу до діаметра циліндра;

$\varepsilon = \frac{P_0}{P_n}$  - відношення тиску повітря в початковий момент руху поршня до номінального (магістрального);

$s$  – хід поршня ( $s = 100$  мм);

Формулу (2.34) потрібно використовувати, якщо  $\varepsilon \geq 0.528$ , а (2.35) – якщо  $\varepsilon \leq 0.528$ .

Для серійного та масового виробництва час спрацьовування пневмоциліндрів знаходиться у межах 0,5-1,2 с.

Тиск повітря в початковий момент руху поршня визначають як відношення наведеної сили опору  $F_r$  переміщенню поршня до його скоригованої площі:

$$P_0 = \frac{F_r}{S_n * f} \quad (2.36)$$

де  $S_n$  - площа перерізу поршня (циліндра);

$f = 0.36-0.52$  – коефіцієнт тертя між кільцями ущільнювачів (манжетами) і дзеркалом циліндра.

Сила опору переміщення поршня  $F_r$  [19-20]:

					MPTAM 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$F_r = \frac{\pi N * b * u * f}{\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}} \quad (2.37)$$

де  $N$  – радіальна деформація кільця ущільнювача;

$b$  – ширина канавки кільця ущільнювача (ДЕСТ 9833-73) манжети (ДЕСТ 6969-54);

$u$  – кількість ущільнювальних кілець, встановлених на поршні;

$E_1, E_2$  – модулі пружності кілець (манжет), та циліндра відповідно ( $E_1 = 1.5-5.0$  МПа – для гуми;  $E_2 = 2.1 * 10^{-5}$  МПа – для сталі;  $E_2 = 1.2 * 10^{-5}$  МПа – для чавуну;  $E_2 = 1 * 10^{-5}$  МПа – для алюмінію);

$C_1, C_2$  - коефіцієнти [19-20]:

$$C_1 = \frac{D^2 + d}{D^2 - d^2} - \mu_1, \quad (2.38)$$

$$C_2 = \frac{d + D^2}{d^2 - D^2} + \mu_2, \quad (2.39)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр канавки на поршні;

$D$  – зовнішній діаметр ущільнювального кільця

$\mu_1, \mu_2$  – коефіцієнти Пуассона (для гуми  $\mu_1 = 0.46-0.49$ ; для сталі  $\mu_2 = 0.25-0.3$ ; для чавуну  $\mu_2 = 0.23-0.27$ ; для алюмінію  $\mu_2 = 0.31-0.34$ ).

Для пневмоциліндрів з круглим перерізом повітряпрохідних каналів діаметр трубопроводу:

$$d_0 = \sqrt{\frac{D^2 * s}{t_c * V_i}} \quad (2.40)$$

де  $V$  – швидкість переміщення повітря.

						МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

Уточнюється умовний прохід  $d_y$  трубопроводу, який приймається розрахунковим.

Підставляючи висхідні значення у вищенаведені формули, отримаємо:

$$C_2 = \frac{210.25}{10.25} + 0.32 = 20.8$$

$$C_1 = \frac{164}{36} - 0.47 = 4.08$$

$$F_r = \frac{3.14 * 0.4 * 1 * 5 * 3}{1} = 18.84$$

$$p_0 = \frac{18.84}{31.4} = 0.5$$

$S_n = 78,5$  мм;  $f = 0.4$ ;  $\varepsilon = 0.5$ ;  $\beta = 0.12$ , тоді  $t_c = 0.5$  с.

Товщина стінки циліндра [19-20]:

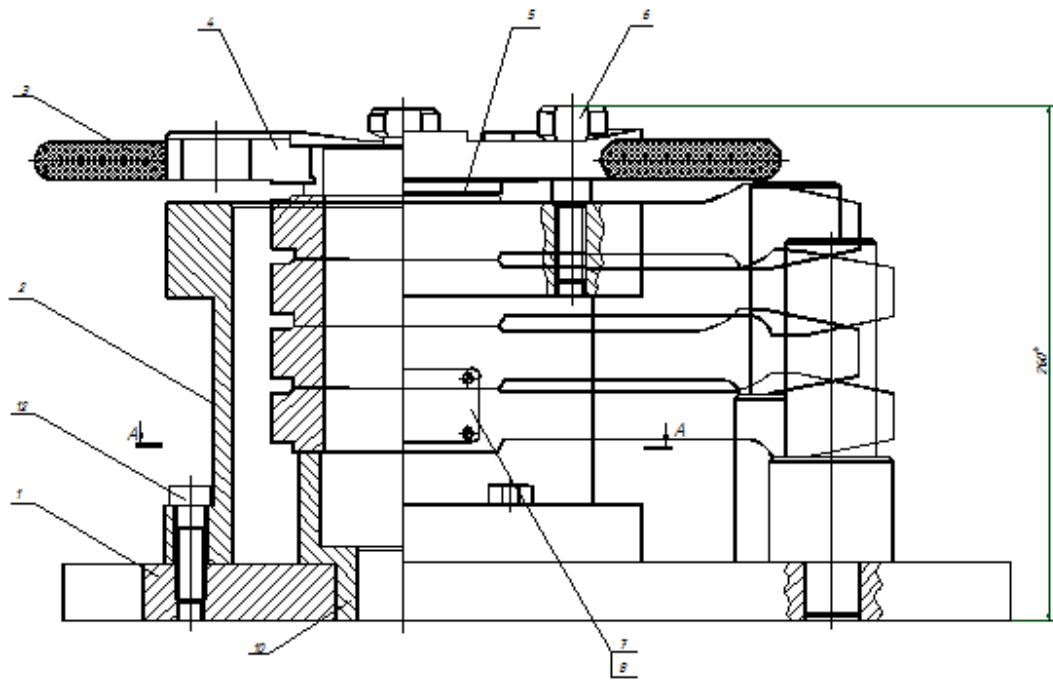
$$\delta \geq \frac{D}{2} * \sqrt{\frac{[G_p] + 1.2P_{\max}}{[G_p] - 1.2P_{\max}}} \quad (2.41)$$

де  $[G_p]$  – допустимі напруження матеріалу циліндра на розтяг,  
 $P_{\max}$  – максимальний тиск у пневмосистемі.

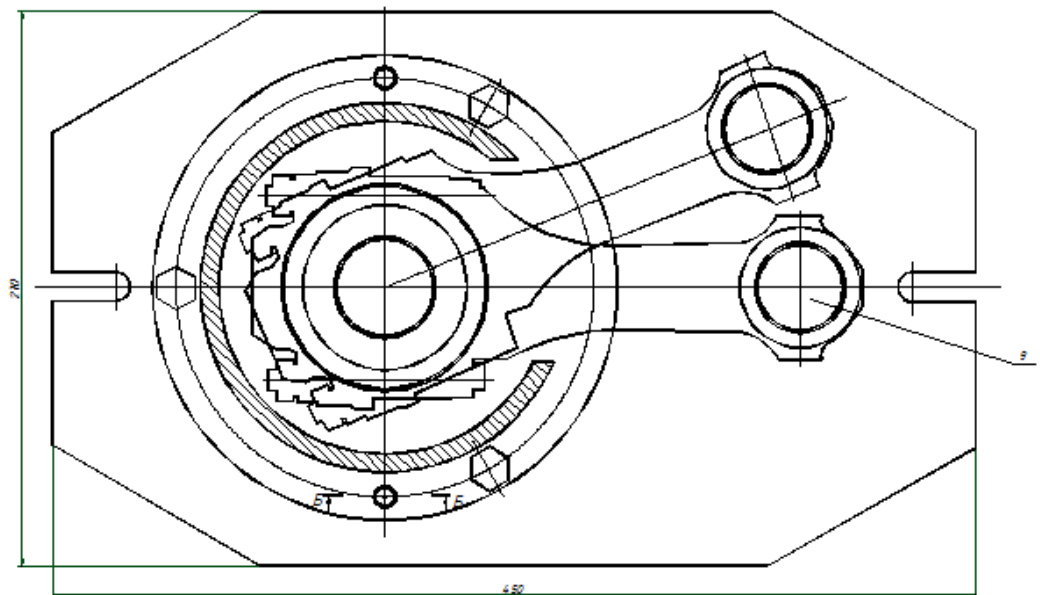
За розрахунком значення  $\delta$  уточнюється – приймаємо  $\delta = 1,5$  мм.

Складальне креслення пристосування для розточки отворів у головках важеля наведено на рис. 2.3.

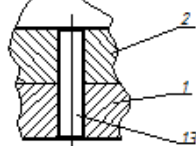
					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



A-A



B-B



\* Розміри для справки

1 – основа; 2 – корпус; 3 – планка; 4 – стакан; 5 – кільце; 6 – болт; 7 – кришка; 8 – гвинт; 9 – важіль; 10 – стакан; 11 – тяга; 12 – болт; 13 – штифт

**Рисунок 2.3 – Пристосування для розточки отворів у головках важеля**

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

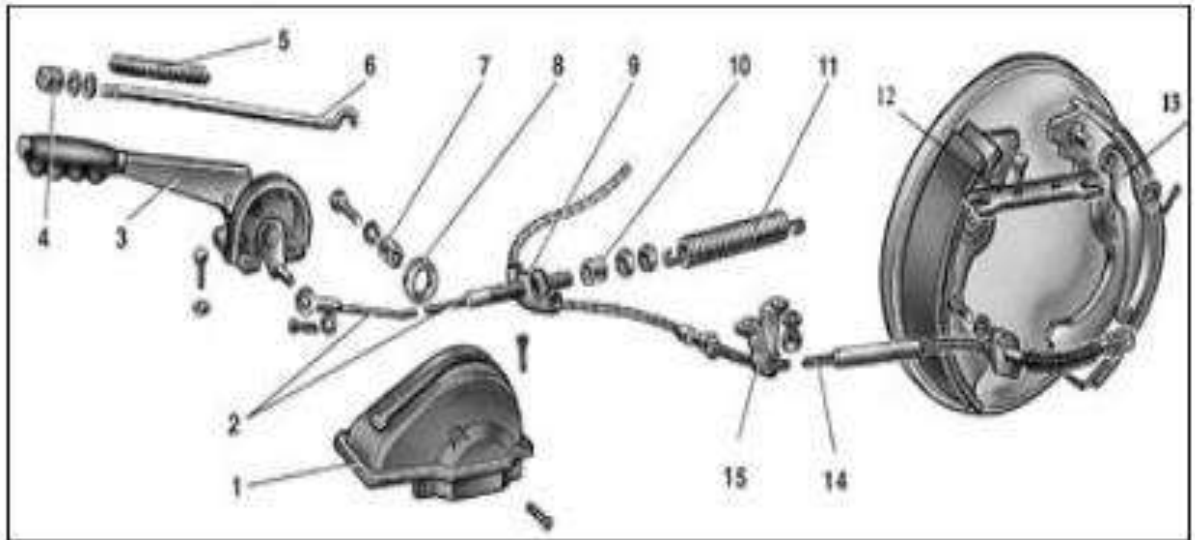
МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.



Щоб зняти автомобіль з ручника, необхідно затиснути фіксуючу кнопку і опустити важіль вниз, у вихідне положення [22].

Схема стоянкового гальма наведена на рис. 3.1 [22].



1 – чохол; 2 – передній трос; 3 – важіль; 4 – кнопка; 5 – пружина тяги; 6 – тяга засувки; 7 – втулка; 8 – ролик; 9 – напрямна; 10 – розпірна втулка; 11 – відтяжна пружина заднього тросу; 12 – розпірна планка; 13 – важіль ручного приводу колодок; 14 – задній трос; 15 – кронштейн заднього тросу

**Рисунок 3.1 – Схема стоянкового гальма**

До основних елементів ручника відносяться [22]:

- механізм, який приводить гальмо в дію (педаль або важель);
- троси, кожен із яких впливає на основну гальмівну систему, призводячи до гальмування.

У конструкції гальмівного приводу ручника використовуються від одного до трьох тросів. Схема з трьох тросів найбільш популярна. Вона включає два задніх троса й один передній. Перші з'єднані з гальмівними механізмами, другий – з важелем.

Троси з'єднуються з елементами стоянкового гальма за рахунок регульованих наконечників. На кінцях тросів розташовані регульовальні гайки, які дозволяють змінювати довжину приводу. Зняття з гальма або повернення

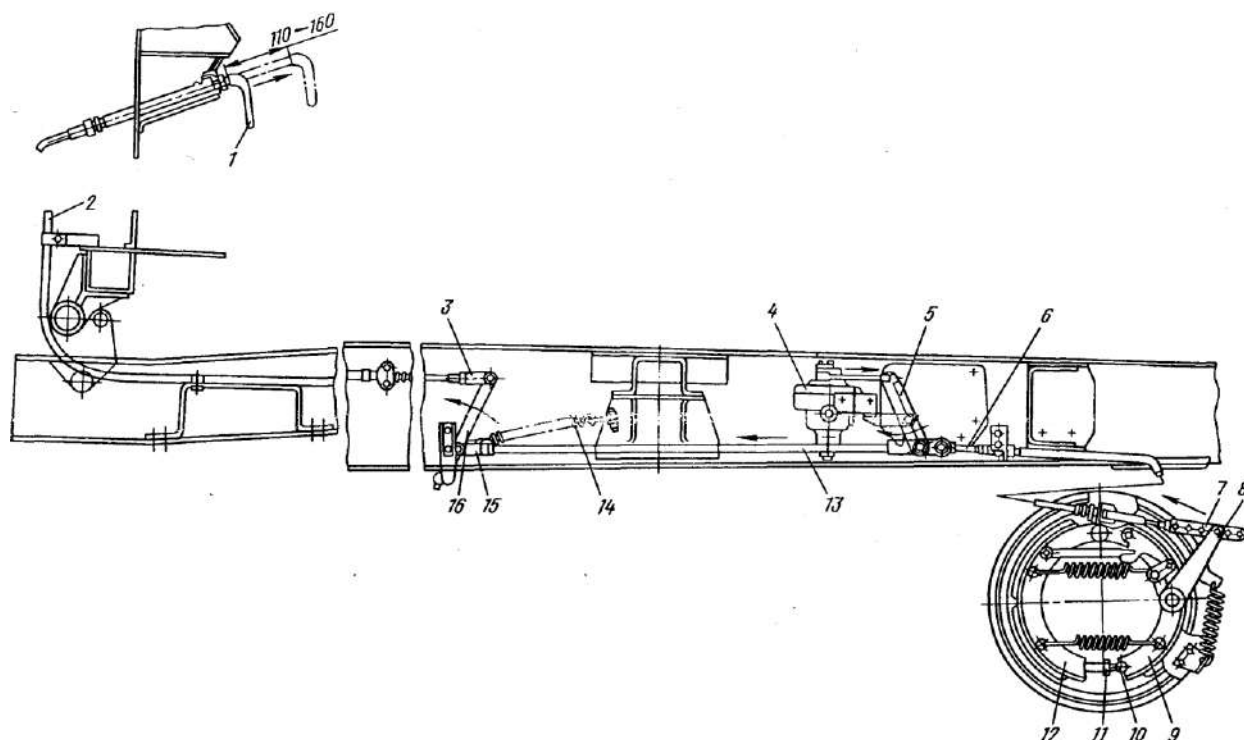
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



утримуватись на ухилі 16%, максимально допустимий хід рукоятки приводу при цьому 160 мм.

Збільшений хід рукоятки можливий при великому зазорі між накладками і барабаном або при великому вільному ході в механізмі приводу.

Регулювання зазору між колодками та барабаном ручного гальма здійснюється у відгальмованому стані у такій послідовності (рис. 3.2):



1 – рукоятка; 2 – трос; 3, 15 – вилки; 4 – кран керування гальмами причепа;  
5, 8, 16 – важелі; 6 – трос; 7 – вилка регулювальна; 9, 12 – колодки; 10 – гвинт регулювальний; 11 – гайка-зірочка; 13 – тяга; 14 – відтяжна пружина

**Рисунок 3.2 – Привод ручного гальма**

- підняти домкратом задні колеса з одного боку;
- через лючок у супорті гальма за допомогою викрутки, чіпляючи за зуб гайки-зірочки 11 знизу нагору, слід закрутити її так, щоб барабан не провертався від зусилля руки;
- відкрутити гайку-зірочку у зворотному напрямку настільки, щоб барабан вільно обертася.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

Вільне обертання барабана потрібно перевіряти після натискання рукою на важель 8 та повернення його у вихідне положення.

Після зазначеного регулювання хід рукоятки приводу має бути у межах 110-160 мм. Якщо він перевищує 160 мм, необхідно відрегулювати привід гальма.

Регулювання приводу гальма проводиться у відгальмованому стані та за відсутності тиску повітря у гальмівній системі в наступному порядку:

- перевірити відсутність провисання вільної ділянки троса 2. Провисання троса усунути зміною його довжини за допомогою вилки 3. При цьому повинно забезпечуватись відхилення важеля 16 від вертикального положення на 100 мм;
- за потреби змінити довжину тяги 13 за допомогою вилки 15;
- від'єднати вилку 7 від приводного важеля 8 гальма та зняти відтяжну пружину 14;
- повертаючи приводний важіль, довести важіль колодок до упору у штангу 12 (не розтискаючи колодок);
- натягнувши трос 2, закрутити або відкрутити вилку 7 до збігу одного з отворів у вилці з отвором у важелі 8;
- приєднати вилку до важеля;
- встановити відтяжну пружину на важіль приводу гальма.

Якщо при правильно відрегульованому гальмі та приводі загальмований автомобіль не утримується на вказаному вище ухилі, треба зняти гальмівний барабан і перевірити стан фрикційних накладок, а якщо накладки замаслені, то промити їх гасом і очистити жорсткою щіткою, а також прочистити дренажний канал у картері підшипників ведучої шестерні.

Нормальний зазор між накладками та барабаном повинен дорівнювати 0,4 мм. Цей зазор відповідає ходу штоків гальмівних камер у межах 25-40 мм. При збільшенні ходу штоків до 45 мм гальма мають бути відрегульовані. Різниця під час штоків гальмівних камер кожної осі має перевищувати 8 мм [24].

Регулювання переднього колісного гальма має передувати регулювання підшипників маточок коліс. Зазор між накладками та барабаном регулюють на холодних гальмах.

						MPTAM 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			



Твердотільне та поверхнєве параметричне моделювання полягає у наступному [25]:

- багатотільні деталі; створення масивів елементів – лінійних і кругових, керованих ескізами і таблицями;

- керування моделями та пошук елементів у дереві конструювання Feature Manage; двонаправлена асоціативність креслення та моделі; створення багатьох виконань виробу в одному файлі моделі;

- розробка допоміжних осей, площин, кривих, координатних систем, 3D-сплайнів ескізів;

- моделювання поверхні: зшивання і видовження, обрізка, вирізи і додавання матеріалу з використанням поверхонь, перетворення замкнутого об'єму поверхонь на тверде тіло;

- використання технологій Windows: drag-and-drop, контекстні меню, cut-and-paste.

Проектування деталей [25]:

- технологія (SWIFT™): за допомогою функцій FeatureXpert, SketchXpert, DraftXpert, FilletXpert і MateXpert автоматично визначають і вирішують проблеми, що виникають при моделюванні у користувачів-початківців;

- єдина бібліотека фізичних властивостей матеріалів, текстур і штриховок;

- моделювання просторових каналів і трубопроводів при використанні ескізів (тривимірних);

- управління історією побудови моделі; моделювання на основі об'ємних елементів; автоматичне та ручне нанесення розмірів; внесення змін (динамічне – в режимі реального часу);

- автоматичне генерування різьбових отворів, із зенківкою, цеківкою, використання бібліотек стандартних елементів тощо.

Проектування складань [25]:

- робота в контексті складання; проектування "зверху вниз" і "знизу вгору";

- автокріплення (SmartFasteners), визначення взаємного положення деталей у складанні, автоспряження (SmartMates);

- спеціальний режим для праці з великими складаннями; легковагові складання та підскладання;
  - похідні, лінійні, кругові масиви компонентів; отвори та вирізи як елементи складання;
  - об'єднання деталей складання в одну, зварювання у складанні;
  - контекстна заміна компонентів, реструктуризація складань (розпуск і формування підскладань).
  - проектування деталей і складань з урахуванням специфіки виготовлення.
- Експрес-аналіз міцності деталей і кінематики механізмів:
- дефініція деформацій, напружень; розрахунок коефіцієнтів запасу міцності (SolidWorks Simulation), контактні взаємодії, гравітація, пружини, кулачки; імітація роботи механізмів, аналіз колізій між ланками та пошук взаємопроникнень [25].

### 3.3.2 Загальні відомості про SolidWorks Simulation

SolidWorks Simulation – це простий і потужний у використанні програмний комплекс для проведення інженерних розрахунків [26]. Він дозволяє вирішувати будь-які інженерні задачі.

SolidWorks Simulation є додатком SolidWorks, тому потрібно тільки підключаєте модуль і провести розрахунки.

До складу SolidWorks Simulation входить багато спеціалізованих додатків, що дозволять виконати аналіз більшості можливих задач для деталей і складань [26]:

- визначення власних форм і частот;
- лінійний статичний і тепловий аналізи;
- розрахунок складань;
- визначення довговічності виробу;
- нелінійні розрахунки;
- розрахунки електромагнітних задач, критичних сил і форм втрати стійкості, плинину рідин і газів;
- спільний термостатичний аналіз;

– оптимізація конструкції.

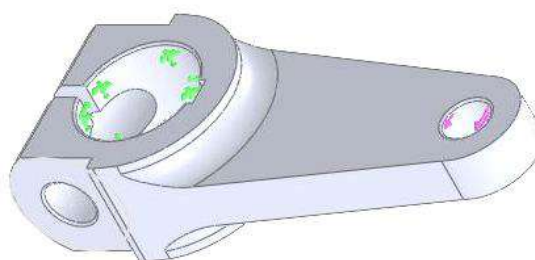
SolidWorks Simulation повністю інтегровано у склад SolidWorks.

Для візуалізації результатів SolidWorks Simulation підтримує тривимірну графіку, що базується на OpenGL. Постпроцесор переглядає такі дані, отримані з розрахунку конструкції [26]:

- власні форми і частоти коливань;
- виведення ізоповерхонь і динамічне відображення перерізів;
- графічне відображення зміни параметрів (Р-метод).
- температура та її градієнти, теплові потоки;
- напруження, абсолютні та відносні деформації, деформований стан, сили реакції, енергія деформації;
- коефіцієнт безпеки;
- історію оптимізації конструкції.

### 3.3.3 Визначення працездатності важеля

Для даного дослідження у CAD-системі SolidWorks створили геометричну модель важеля (рис. 3.3). Її потім використали для розрахунків у додатку SolidWorks – САЕ–системі SolidWorks Simulation.




Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
Скругление6 	Твердое тело	Масса:0.253824 kg Объем:3.57499e-005 m <sup>3</sup> Плотность:7100 kg/m <sup>3</sup> Масса:2.48748 N	G:\Maz-5551_Galmo_Vazhil.SLDP RT

Рисунок 3.3 – Інформація про модель важеля МАЗ-5551

Наступний етап: вибрали з бібліотеки SolidWorks матеріал, з якого виготовлений важіль – ковкий чавун КЧ 35-10 ДЕСТ 8954-75 (рис. 3.4).

#### Свойства материала

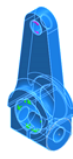

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя:	Ковкий чугун КЧ 35-10 ГОСТ 8954-75
	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный
	Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises
	Предел текучести:	3.5e+008 N/m <sup>2</sup>
	Предел прочности при растяжении:	8e+008 N/m <sup>2</sup>
	Модуль упругости:	9e+010 N/m <sup>2</sup>
	Коэффициент Пуассона:	0.27
	Массовая плотность:	7100 kg/m <sup>3</sup>
	Модуль сдвига:	7.9e+010 N/m <sup>2</sup>
	Коэффициент теплового расширения:	1.18e-005 /Kelvin
Данные кривой: N/A		Твердое тело 1(Скругление6)(Maz200_Galmo_Vazhilo)

Рисунок 3.4 – Материал важеля

Для проведения статического анализа проведено закрепления модели та прикладені навантаження (рис. 3.5).

#### Нагрузки и крепления

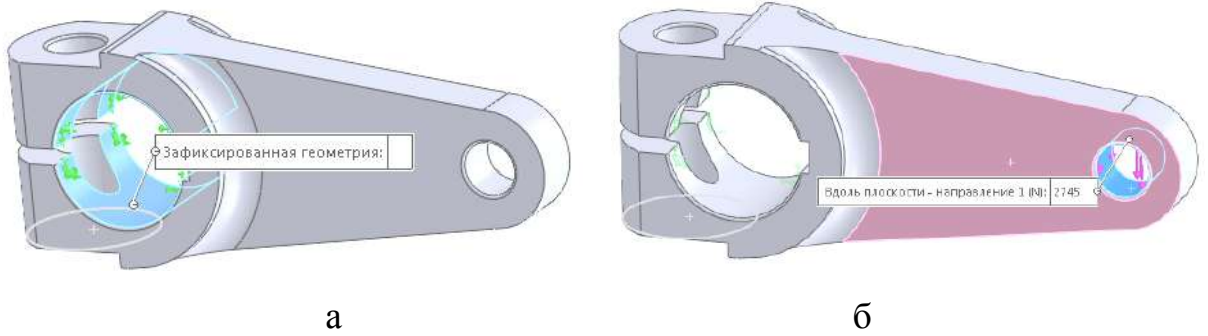
Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксированный-1		Объекты: 2 грани Тип: зафиксированная геометрия		
<b>Результирующие силы</b>				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	-2744.95	0.00365639	0.0680094	2744.95
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани Справочный: 1 грань< 1 > Тип: 1 Приложить силу значения: 2/45, ---, --- N

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

MPTAM 2217200.000 ПЗ

Арк.



**Рисунок 3.5 – Дефініція опор важеля (а) та прикладення до нього навантаження (б)**

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. Сітка створюється на основі глобального розміру елементу, допуску і характеристик локального управління сіткою, яка дозволяє задати різні розміри елементу для компонентів, граней, кромки і вершин. Програма визначає розмір елементу для моделі, беручи до уваги її об'єм, площу поверхні та інші геометричні характеристики. Розмір створюваної сітки (кількість вузлів та елементів) залежить від геометрії та розмірів моделі, допуску сітки, параметрів її управління та характеристик контакту. На ранніх стадіях аналізу конструкцій, де можуть підійти приблизні результати, можна задати більший розмір елементу для швидшого вирішення (для точнішого вирішення – менший).

При використанні елементів оболонки програма створює один з наступних типів елементів залежно від того, які параметри створення сітки активовані для дослідження:

- сітка низької якості (лінійні трикутні елементи оболонки);
- сітка високої якості (параболічні трикутні елементи оболонки).

У нашому дослідженні параметри сітки наведені на рис. 3.6.

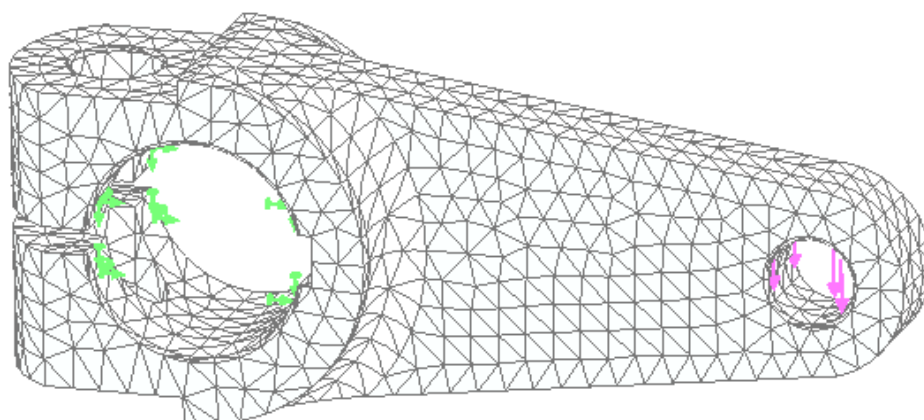
### Информация о сетке

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки:	Выкл
Включить автоциклы сетки:	Выкл
Точки Якобиана	4 Точки
Размер элемента	3.29538 mm
Допуск	0.164769 mm
Качество сетки	Высокая

### Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	13408
Всего элементов	7973
Максимальное соотношение сторон	17.997
% элементов с соотношением сторон < 3	93.8
% элементов с соотношением сторон > 10	0.113
% искаженных элементов (Якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:11
Имя компьютера:	

а



б

**Рисунок 3.6 – Параметры сітки (а) та її відображення (б) на моделі важеля**

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

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

## Результирующие силы

### Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	-2744.95	0.00365639	0.0680094	2744.95

### Моменты реакции

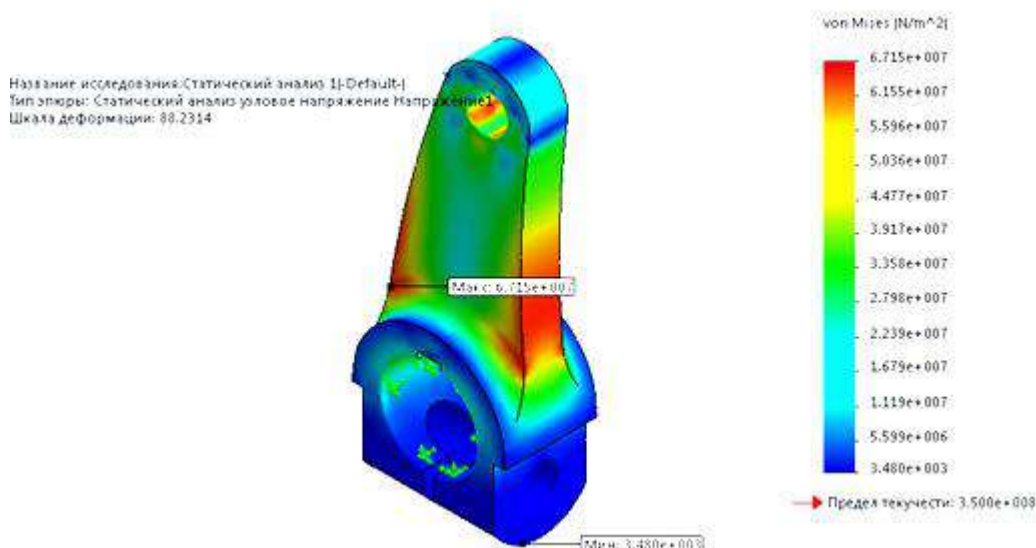
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N.m	0	0	0	0

**Рисунок 3.7 – Результирующие силы**

Результатом статического анализа є єпюри напруження, переміщення, деформації, запасу міцності. Встановлено, що вузлові максимальні напруження Von Mises, переміщення URES і деформація ESTRN для важеля складають:

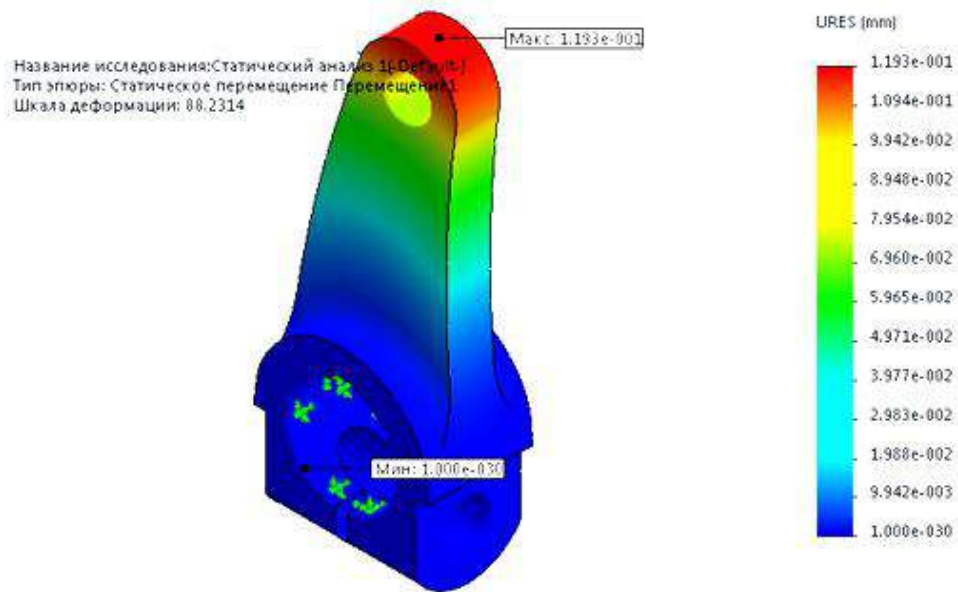
- $\sigma = 6.71482e+007$  МПа (вузол 102) – рис. 3.8;
  - URES  $h = 0,119308$  мм (вузол 11982) – рис. 3.9;
  - ESTRN  $\delta = 0,000588973$  (елемент 5471) – рис. 3.10,
- тобто не перевищують допустимих значень.

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	3479.93 N/m <sup>2</sup> Узел: 658	6.71482e+007 N/m <sup>2</sup> Узел: 102



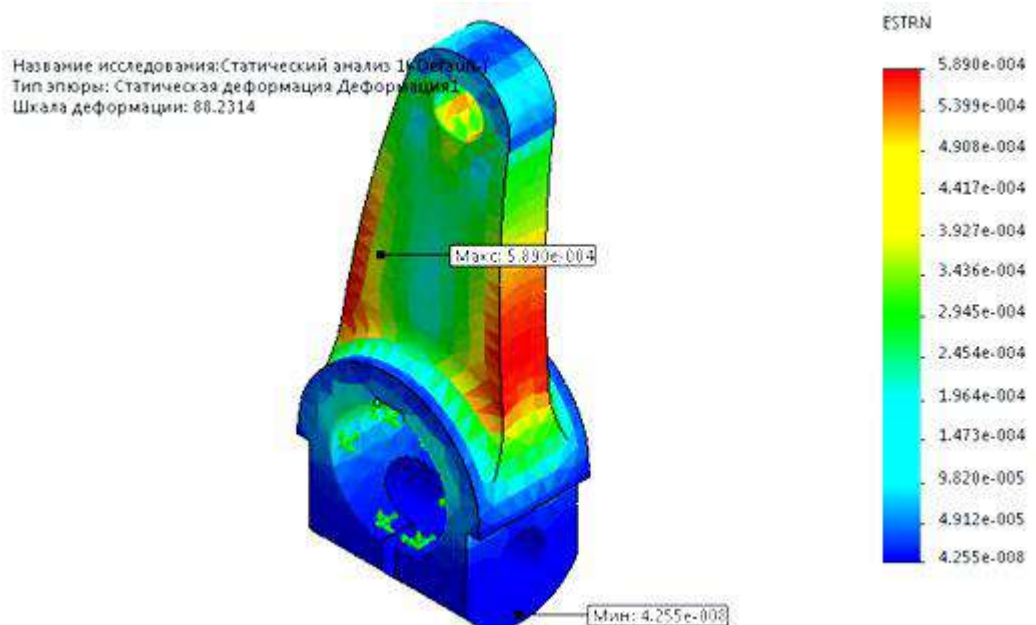
**Рисунок 3.8 – Контурный график сумарних напружень von Mises для важеля**

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0 mm Узел: 227	0.119308 mm Узел: 11982



**Рисунок 3.9 – Контурний графік сумарних переміщень URES для важеля**

Имя	Тип	Мин	Макс
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	4.25465e-008 Элемент: 4557	0.000588973 Элемент: 5471



**Рисунок 3.10 – Контурний графік сумарних деформацій ESTRN для важеля**

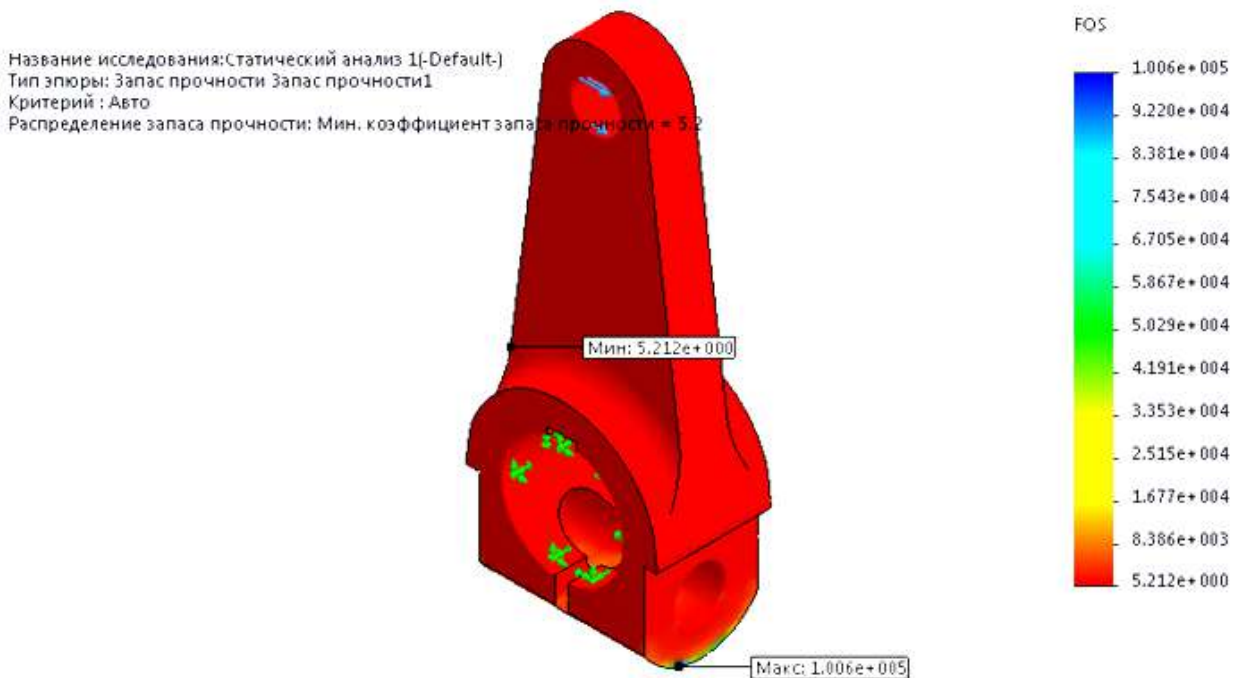
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

Розрахунками встановлений мінімальний запас міцності  $k = 5,21$  (вузол 102) – рис. 3.11. Так як запас міцності перевищує допустимий ( $k > [k] = 1,5$ ), то можлива оптимізація розмірів важеля (в сторону їх зменшення), що призведе до економії матеріалу.

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	5.21235 Узел: 102	100577 Узел: 658



**Рисунок 3.11 – Контурний графік запасу міцності FOS для важеля**

Таким чином, за допомогою CAD-системи SolidWorks та її додатку – CAE-системи SolidWorks Simulation доведена працездатність важеля приводу ручного гальма самоскида МАЗ-5551.

Стоянкове гальмо є важливим елементом у будові автомобіля. Його справність підвищує безпеку експлуатації транспортного засобу та знижує ризик аварій. Тому необхідно регулярно проводити діагностику та обслуговування даного механізму [22].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

## Висновки

Наведено опис моделі й технічні характеристики самоскида МАЗ-5551. Розглянута гальмівна система самоскида: її несправності, регулювання колісних гальм, загальні вказівки щодо обслуговування пневматичної системи приводу гальм. Основну увагу приділено стоянковому гальму – функціям та призначенню ручного гальма, його експлуатації.

Розроблено технологічний процес виготовлення важеля приводу ручного гальма самоскида МАЗ-5551 (послідовність операцій, вибір устаткування, ріжучого й мірального інструменту, план установів і переходів, призначення режимів обробки й технічне нормування, карти ескізів, маршрутні та операційні карти). Сконструйовано пристосування для розточки отворів у головках важеля.

За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану важеля з відображенням контурних графіків сумарних напружень von Mises, переміщень URES, деформацій ESTRN і запасу міцності FOS.

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. МАЗ-5551 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/МАЗ-5551>
2. МАЗ 5551 — опис моделі та технічні характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.snabavto.by/articles/maz-5551-opisanie-modeli-i-tekhnicheskie-kharakteristiki/>
3. Самоскид МАЗ 5551 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://allspectech.com/gruzovaya-tehnika/samosvaly/karernye/maz-5551.html>
4. Технічні параметри, витрата і сфера застосування МАЗ 5551 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://specnavigator.ru/gruzoviki/maz-5551.html>
5. Технічні характеристики та будова самоскиду МАЗ-5551 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arendavlg.com/maz/tehnicheskie-harakteristiki-i-ustroystvo-samosvala-maz-5551.html>
6. Будова гальмівної системи МАЗ і як усунути її неполадки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gpu72.ru/gruz-avto/pnevmosistema-maz-5337-shema.html>
7. Ремонт гальмівної системи вантажних автомобілів МАЗ у сервісному центрі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://maz.center-st.ru/remont-tormoznoj-sistemy/>
8. Автомобілі МАЗ 555102, 5551А2, 5551А3, 555142, 555145, 555147, 533702, 5337А2, 533703, 533742, 533745, 334 - Мінськ, 2011. – 312 с.
9. Усе про гальмівну систему автомобілів МАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.mazik.by/news/vsjo\\_o\\_tormoznoj\\_sisteme\\_avtomobilej\\_maz.html](https://www.mazik.by/news/vsjo_o_tormoznoj_sisteme_avtomobilej_maz.html)
10. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – Львів : Новий світ-2000, 2010. – 422 с.
11. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



22. Будова та принцип роботи стоянкового гальма [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/tormoznaya-sistema/stoyanochnyi-tormoz.html>

23. Чавун КЧ 35-10, властивості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=424](http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=424)

24. Контроль та регулювання колісних гальм МАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://maz-auto.info/to/kontrol-i-regulirovka-kolesnykh-tormozov-maz/>

25. SolidWorks – світовий стандарт автоматизованого проектування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://commit.name/index.php?MainShowID=104>

26. SolidWorks Simulation (COSMOSWorks) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://commit.name/index.php?MainShowID=105>

						МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

**Додатки**

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Наукові праці

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W KONINIE  
АКАДЕМІЯ ПРИКЛАДНИХ НАУК У КОНІНІ  
UNIWERSYTET NARODOWY W UZHORODZIE  
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
POŁUDNIOWO-WSCHODNI INSTYTUT NAUKOWY W PRZEMYSŁU  
ПІВДЕННО-СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ У ПЕРЕМИШЛІ

ROZWÓJ NOWOCZESNEJ EDUKACJI I NAUKI –  
STAN, PROBLEMY, PERSPEKTYWY  
TOM XII: BADANIA JAKOŚCIOWE  
KU POPRAWIE ŻYCIA CZŁOWIEKA

Pod redakcją:  
Jan Grzesiak, Ivan Zymomyra, Vasyl Ilnytskyj

РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ ОСВІТИ І НАУКИ:  
РЕЗУЛЬТАТИ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ  
TOM XII: ЯКІСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЖИТТЯ ЛЮДИНИ

За редакцією:  
Ян Гржесяк, Іван Зимомря, Василь Ільницький

Konin – Uzhorod – Przemysł  
2022

Конін – Ужгород – Перемишль  
2022

Olexander RUDYK, Vladyslav CHERNYAVSKY  
(Khmelnitsky, Ukraine)

#### PROFESSIONAL TRAINING OF MAGISTR ON THE BASIS OF SOLIDWORKS

Completion of the basic system of two-level university education, which is based on fundamental education within the bachelor's degree with further in-depth research preparation for independent research, is a master's degree.

The second (master's) level of higher education involves the acquisition by higher education students of the ability to solve problems of research and / or innovation in a particular field of professional activity [1].

In the process of studying the disciplines of the engineering cycle, the most favorable conditions are created for the implementation of the principle of interrelation of theory and practice: undergraduates are convinced of the validity of theoretical positions, which promotes awareness and assimilation of knowledge; ability is checked up and skills of the use of gain knowledge are formed in practical work [2].

The introduction of modern information and communication technologies in the educational process allows to move from traditional methods of teaching design to modeling with the help of CAD-systems with the subsequent use of CAD / CAE automated complex. One of them is the 3D-system of hybrid automated design, engineering analysis and preparation of SolidWorks production. The addition of this program – SolidWorks Simulation – uses the geometric model of SolidWorks parts to form a calculation model [2].

Thus, in [2-4] with the help of SolidWorks Simulation a static analysis of the gear shaft of the gearbox of the rear axle of the car GAZ-53 was performed. After building a 3D model of the gear shaft in SolidWorks, steel 12X14Г14Н GOST 5632-72 was selected from its library, which corresponds to the material of the gear shaft.

When analyzing the simulation results, it was found that the minimum coefficient of margin of safety of the gear shaft is  $n = 3.05887$ , which is more than the allowable  $[n] = 1.5$ . Therefore, the aim of the work was to study the possibility of replacing this material with a cheaper and more affordable in repair shops – steel 45 GOST 535-88, followed by heat treatment.

Repeated calculations in SolidWorks Simulation divided the gear shaft model into finite elements [5], built a stiffness matrix, the synthesis of a finite-element model was carried out taking into account the conditions of its fixation at the nodal points; the obtained system of algebraic equations is solved; the components of the stress-strain state are determined (fig. 1).

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

Зм. Арк. №докум. Підпис Дата

Міністерство освіти і науки  
Український державний університет науки і технологій  
Дніпровський державний технічний університет  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
Криворізький національний університет  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
Херсонський національний технічний університет  
Чорноморський державний університет імені П. Могили  
Aalto University (Університет Аалто, Фінляндія)  
American University of Central Asia (Бішкек, Киргизстан)  
Tallinna Tehnikaülikool (Таллінн, Естонія)  
AGH University of Science and Technology (Краків, Польща)  
Ariel University (Аріель, Ізраїль)  
Politechnika Rzeszowska (Жешув, Польща)  
Michigan State University (Іст-Лансінг, США)



**ПРОГРАМА**  
Міжнародної науково-технічної конференції  
**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ в**  
**МЕТАЛУРГІЇ та МАШИНОБУДУВАННІ**

**PROGRAM**  
of Scientific and Technical International Conference  
**INFORMATION TECHNOLOGY IN**  
**METALLURGY AND MACHINE ENGINEERING**

18 травня 2022 року

**Дніпро**

**Рудик О.Ю., Чернявський В.О.**

Дослідження у SolidWorks статичної міцності деталей автомобілів

**Рудик О.Ю., Ліщук А.В.**

Програмне забезпечення проектування стенду діагностики  
автомобільної техніки

**Рудик О.Ю., Соколов О.В.**

Проектування стенду правки ободів коліс з використанням SolidWorks

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2217200.000 ПЗ

Арк.

Міністерство освіти і науки України  
Харківська обласна державна адміністрація  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХАДІ)

**ПРОГРАМА**  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ  
ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

07–08 КВІТНЯ 2022 р.

**ПРИНЦИПИ І МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ В  
БАГАТОРІВНЕВІЙ СИСТЕМІ ВИЩОЇ ОСВІТИ : СУЧАСНИЙ ТА  
ІСТОРИЧНИЙ ПОГЛЯД ЗДОБУВАЧІВ І МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**

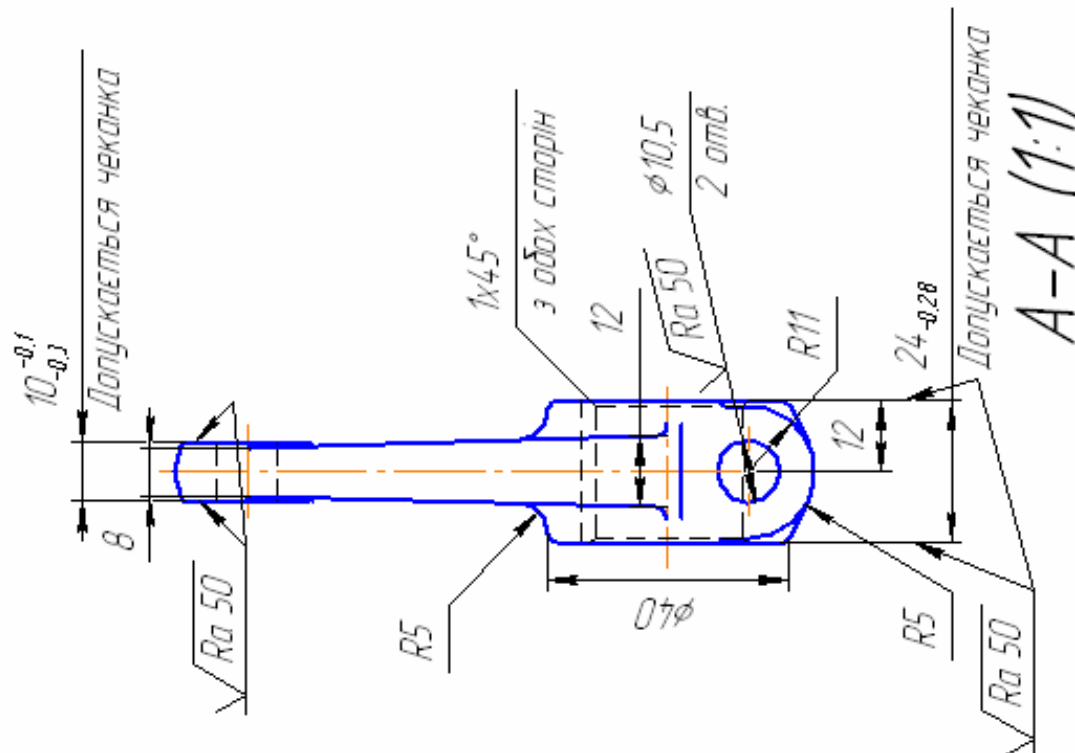
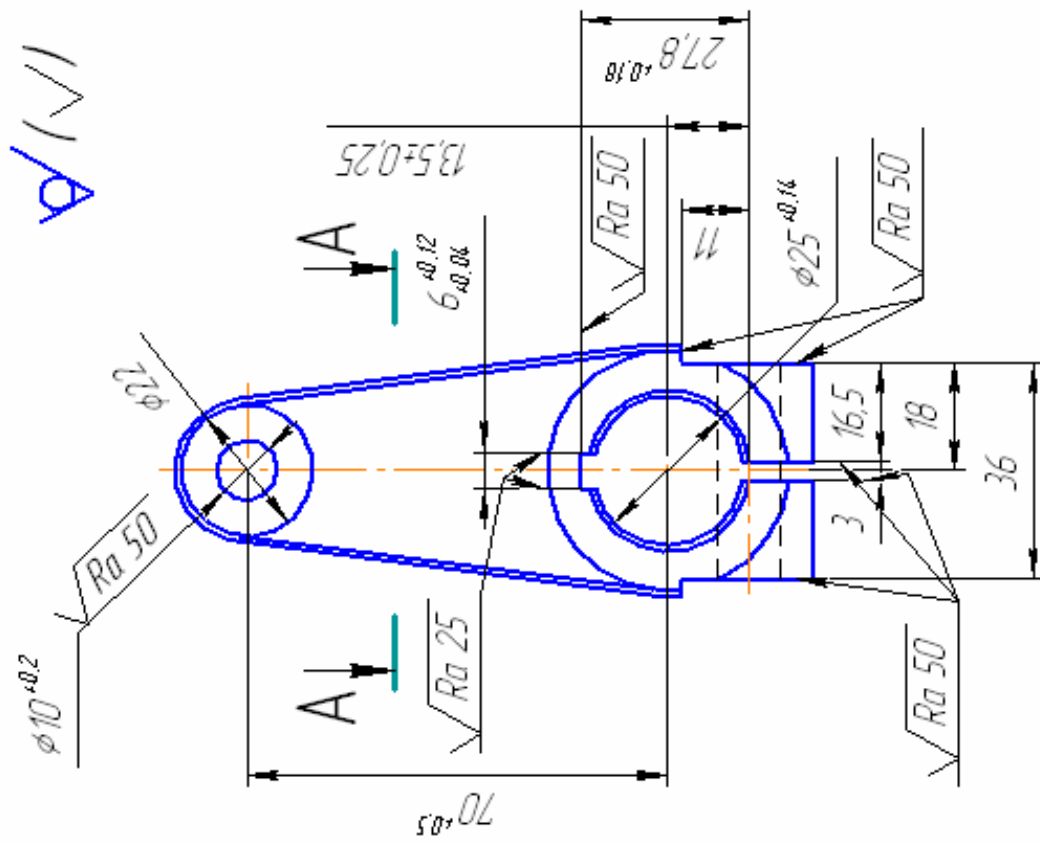
Харків 2022

9	Використання Solid Works для розрахунку міцності деталей автомобілів	МТВАм-20-1	Чернявський В. О.	Доц. Рудик О. Ю. <i>Хмельницький національний університет (Хмельницький)</i>
---	--	------------	-------------------	---

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Графічне забезпечення дипломної роботи

					МРТАМ 2217200.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1. Нахили у литті, неказані розміром,  $2^\circ$ .
2. Радіуси у литті, неказані розміром, 2-3 мм

Рисунок Б1 – Важіль приводу ручного гальма МА3-5551 (Compas-3D)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

MPTAM 2217200.000 ПЗ

Арк.



Водосток

	Формат 7	ГОСТ 21.105-88		
Вид: Взам. Лист:				
Розроб. Керівник:	МНУ			
Наказ. Затвердив:				

Вагіль приладу ручного гальма

Рисунок Б3 – Карта ескізів: операція 015 Свердлувальна (Compas-3D)

Вправа	Технічний										
Забив	Забив										
Вправа	Забив										
№01								Воз на прибої діаметра зовнішнього			
								g	e	e	NF

**Виділення термінами-сферичними 20135**

**Вривисферики: сферичні для розсферичованих штирів**  
**Інструмент: сферичні 2301-0076 ТНСТ 0103-ТТ 010,**  
**шпори 13-022 ТНСТ 0522-ТН, сферичні 2301-0076 ТНСТ 0103-ТТ 025,**  
**шпори 26-022 ТНСТ 0522-ТН**

**Резни і різання:**  
**швидкість різання V - 0,7 м/хв**  
**подача S - 0,17 мм/об**  
**число оберток шпинделя n - 750 об/хв.**  
**швидкість фрезерування V - 2336 м/хв.**  
**кваліфікаційний коефіцієнт квал. Т. - 0,10 кб**  
**шляховий час T<sub>п</sub> - 0,30 хб.**

Вправа	Технічний										
Забив	Забив										
Вправа	Забив										
№01								Воз на прибої діаметра зовнішнього			
								g	e	e	NF

**Виділення термінами-фрезерними 103 01010301-1**

**Вривисферики: сферичні для фрезерування штирів інструмент**  
**Інструмент: фрези 2301-0072 ТНСТ 1301-49 062 01,**  
**фрези 2301-0062 ТНСТ 1301-49 010 010**

**Резни і різання:**  
**швидкість різання V - 1 м/хв**  
**подача S - 0,15 мм/об**  
**число оберток шпинделя n - 1000 об/хв.**  
**швидкість фрезерування V - 174 м/хв.**  
**кваліфікаційний коефіцієнт квал. Т. - 0,019 кб.**  
**шляховий час T<sub>п</sub> - 1,4 хб.**

**Рисунок Б4 – Карта ескізів: операція 010 Фрезерна і 015 Свердлувальна (Compas-3D)**





Ділячка		Видок		Лист		Формат А4		ГОСТ 21118-82		Формат А4							
№	Вид	РН	Вид	Код	Назва	Код	Назва	Код	Назва	Код	Назва						
А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л						
А 01	Протяжний, горизонтальний 75559	025	Горизонтально-протяжна	СН	Проф	Р	5Г	КР	К00	БН	00	Кит	70	Кит	70	Кит	70
Б 02	Протяжний, горизонтальний 75559																
В 03	Протяжний, горизонтальний 75559																
Г 04	Протяжний, горизонтальний 75559																
Д 05	Протяжний, горизонтальний 75559																
Е 06	Протяжний, горизонтальний 75559																
Ж 07	Протяжний, горизонтальний 75559																
З 08	Протяжний, горизонтальний 75559																
И 09	Протяжний, горизонтальний 75559																
Й 10	Протяжний, горизонтальний 75559																
К 11	Протяжний, горизонтальний 75559																
Л 12	Протяжний, горизонтальний 75559																
М 13	Протяжний, горизонтальний 75559																
Н 14	Протяжний, горизонтальний 75559																
О 15	Протяжний, горизонтальний 75559																
П 16	Протяжний, горизонтальний 75559																
Р 17	Протяжний, горизонтальний 75559																
МК																	

Рисунок Б7 – Маршрутна карта (Compas-3D)

Діля		Вістк.		Точн.		ГОСТ 7.14.08-86		Формат А	
Розроб	Чернетка	ХНУ	Важіль приводу ручного гальма		У	К	П	010	
Лектор	Рубл.		ГОСТ 1215-79		Л	5	1		
Характер	Рубл.	Категорія	Помічені прозори		Тр	Тп	Тл	Тн	
Матер.	Блок	Категорія	Категорія		Тр	Тп	Тл	Тн	
Вертикальна-фрезерна		Категорія	Категорія		Тр	Тп	Тл	Тн	
Обробка		Категорія	Категорія		Тр	Тп	Тл	Тн	
Вертикальна-фрезерний верстат 6Р1Ф10-1		Категорія	Категорія		Тр	Тп	Тл	Тн	
Р	Ф	Л	5	1	Тр	Тп	Тл	Тн	
01									
02									
103									
04									
05									
106									
Р07									
08									
09									
110									
Р11									
12									
13									
OK									

Рисунок Б8 – Операційна карта (Compas-3D)

Вправа		Вимоги		Товари		Вимоги		Вимоги		Вимоги		Вимоги		Вимоги		Вимоги		Вимоги		Вимоги	
№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис	№	Опис
01																					
02	4. Передвартуєч установку, закріпити деталь. Подтарити лочергада переходу 2 / 3.																				
03																					
04																					
05	5. Зачистити заусенці після фрезерування.																				
06	Напильник 2822-0135 ГОСТ 1465-80																				
07																					
08	6. Контроль закіннього вигляду та розмірів виконавцем																				
09	Штангенциркуль ШЦ-I-125-01-1 ГОСТ 166-89																				
10																					
11	7. Зняти та пахкласти у тару																				
12	Тара I-1-100-80-105-0,25M ГОСТ 14861-91																				
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
OK																					

Рисунок Б9 – Операційна карта (продовження)

ГОСТ-3.8.08-86		Формат 3	
Вид	Вид	Вид	Вид
Вид	Вид	Вид	Вид
Вид	Вид	Вид	Вид
Роль	Чертежник	ХНУ	
Лектор	Роль		
Керівник	Роль		
Метр	Роль		
Матеріал	Матеріал	ХНУ	
Важіль приводу ручного гальма	КЧ 35-80 ГОСТ 1215-79		
Свердловина	Поміщення програми		
Вертикально-свердловинний верстат 2Н135			
Р	В мм	Л	Т
01	0,11	0,14	0,13
02	0,11	0,14	0,13
Т 03			
04			
05			
Т 06			
Р 07	10	10	0,17
08			
09			
Т 10			
Р 11	25	24	0,17
12			
13			
OK			

Формат 4

Рисунок Б10 – Операційна карта (Compas-3D)

Види Важк. Людв.		ГОСТ 14811-86		Формат 2х	
Р	В	В	В	В	В
01					
02	4. Зенкерувати отвір 2 з двох сторін				
03	Зенкер 2323-0544 ГОСТ 12489-71				
04					
05	5. Контроль заміського вигляду та розмірів виконавцем				
06	Калібр-прабка Д10 8133-1023 А ГОСТ 14811-69, калібр-прабка D25 8133-1023 А ГОСТ 14811-69				
07					
08	6. Зняти та покласти у тару				
09	Тара І-1-100-80-105-0,25М ГОСТ 14861-91				
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
					OK

Рисунок Б11 – Операційна карта (продовження)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

MPTAM 2217200.000 ПЗ

Арк.