

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

(спеціальності-кваліфікаційної групи)

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

(Шифр спеціального напрямку підготовки (спеціальності))

на тему: «Дослідження працездатності маточини колеса вантажного автомобіля з вибором її матеріалу»

Шифр ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм-22-1



Д.І. Свич
Ініціали, прізвище

Керівник *к.т.н., доц. каф. ТАМ*



О.Ю. Рудик
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.



О.В. Діха
Ініціали, прізвище

13 12 2023 р.

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

2023 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Свечу Дмитру Івановичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи) «Дослідження працездатності маточини колеса вантажного автомобіля з вибором її матеріалу»

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

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

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

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

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно-технологічна документація з розбирання, дефектації, складання і регулювання досліджуваного вузла.

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

1. Гальмівна система автомобіля ЗИЛ-431410.

2. Вибір матеріалу маточини.

3. Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого маточини заднього колеса ЗИЛ-431410.

4. Розробка технологічного процесу відновлення маточини.

5. ТО гальмівної системи з пневмоприводом.

6. Організація робочого місця для технічного забезпечення ТП.

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

Графічну частину проекту 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)	Примітка
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

Д.І. Свечун
Ініціали, прізвище

О.Ю. Рудик
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 85 сторінок, кількість рисунків – 35, таблиць – 11, додатків – 1, кількість джерел згідно з переліком посилань – 26.

Об'єкт дослідження: маточина колеса вантажного автомобіля ЗИЛ-431410.

Мета роботи: вибрати матеріал маточини; за допомогою SolidWorks Simulation провести комп'ютерне моделювання її напружено-деформованого стану; розробити технологічний процес відновлення маточини проточним залізненням.





Результати та їх новизна: проведений вибір матеріалу маточини; за допомогою SolidWorks Simulation здійснене комп'ютерне моделювання її напружено-деформованого стану (встановлено, що тільки 5 і більше закручених болтів на маточині заднього колеса вантажного автомобіля ЗИЛ-431410 гарантує безпеку його руху); розроблений технологічний процес відновлення маточини проточним залізненням.

Рекомендації щодо використання результатів роботи: розроблений технологічний процес відновлення маточини проточним залізненням з вибором мірильного інструменту та устаткування

Перелік ключових слів: АВТОМОБІЛЬ ЗИЛ-431410, ГАЛЬМО, СТАЛЬ 30, SOLIDWORKS SIMULATION, БЕЗПЕКА, ЗАЛІЗНЕННЯ.

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Технічне обслуговування, ремонт і регулювання мостів і редукторів	
вантажних автомобілів.....	10
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
2 Конструкторська розробка стенду	25
2.1 Мета розробки	25
2.2 Огляд існуючих стендів розбирання-складання редукторів	26
2.3 Опис стенду й принципу дії	32
2.4 Розрахунки й вибір коліс	34
2.5 Розрахунки сили на перекичування стенду	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		
Перевір.		Рудик		
Н. Копр.		Бабах		
Затверд.		Дюха		
Розробка проєкту та дослідження правельності деталей стенду ремонті редукторів мостів автомобілів з вибором відповідних матеріалів			Літ.	Арк.
			4	97
ХНУ гр.МТВАм-22-1				

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	10
1 Гальмівна система автомобіля ЗИЛ-431410	11
1.1 Призначення й технічна характеристика гальмівної системи автомобіля ЗИЛ-431410.....	12
1.2 Несправності та ремонт гальмівної системи ЗИЛ-431410.....	17
1.3 Призначення маточини колеса	18
1.4 Причини та ознаки поломок маточин коліс	22
1.4.1 Заміна або ремонт маточини	23
1.4.2 Варіанти ремонтних робіт маточин	24
2 Вибір матеріалу маточини.....	26
2.1 Замінники та іноземні аналоги	26
2.2 Характеристики й призначення сталі 30	26
2.3 Хімічний склад	27
2.4 Температура критичних точок.....	28
2.5 Термообробка	28
2.6 Механічні властивості	30
2.7 Технологічні властивості	30
3 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану маточини заднього колеса ЗИЛ-431410	31

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Євчун				Дослідження працездатності маточини колеза вантажного автомобіля з вибором її матеріалу	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Рудик					4	85	
Н. Контр.	Бабак					ХНУГр.МТВАм-22-1		
Затверд.	Диха							

3.1	Постановка питання.....	31
3.2	Призначення програми комп'ютерного моделювання маточини.....	33
3.3	Призначення програми розрахунку напружено-деформованого стану маточини	36
3.4	Визначення працездатності маточини	37
3.4.1	Закрученні усі 8 болтів	37
3.4.2	Закрученні 7 болтів	44
3.4.3	Закрученні 6 болтів	47
3.4.4	Закрученні 5 болтів	49
3.4.5	Закрученні 4 болти	52
3.4.6	Закрученні 3, 2, 1 болт	55
4	Розробка технологічного процесу відновлення маточини.....	58
4.1	Характеристика умов роботи деталі та перелік можливих дефектів	58
4.2	ТУ на дефектацію та способи визначення дефектів.....	60
4.3	Можливі маршрути відновлення маточини	61
4.4	Аналіз і вибір раціонального способу відновлення маточини.....	62
4.5	Загальні поняття гальванічної операції залізнення	64
4.6	Технологія проточного залізнення маточини	66
4.7	Розрахунок параметрів гальванічної операції залізнення	67
5	ТО гальмівної системи з пневмоприводом	71
6	Організація робочого місця для технічного забезпечення ТП.....	75
6.1	Загальні правила ТБ при виконанні гальванічної операції	75
6.2	Вимоги ТБ в аварійних ситуаціях	76
6.3	Вимоги ТБ після закінчення робіт	77
	Висновки	78
	Список використаних джерел.....	79
	Додатки.....	82

Анотація

Розглянуто призначення й технічна характеристика гальмівної системи вантажного автомобіля ЗИЛ-431410, її несправності та ремонт. Проаналізовані призначення, причини та ознаки поломок маточин коліс. На маточині заднього колеса кріпиться корпус гальмівного барабана. Тому її працездатність визначає безпеку руху авто. Проведений вибір матеріалу маточини. За допомогою SolidWorks Simulation здійснене комп'ютерне моделювання її напружено-деформованого стану. Встановлено, що тільки 5 і більше закручених болтів на маточині заднього колеса гарантує безпеку руху автомобіля.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The purpose and technical characteristics of the brake system of the ZIL-431410 truck, its malfunctions and repair are considered. Purpose, causes and signs of wheel hub failures are analyzed. The brake drum housing is attached to the hub of the rear wheel. Therefore, its efficiency determines the safety of driving a car. The selection of hub material is carried out. With the help of SolidWorks Simulation, a computer simulation of its stress-strain state was carried out. It has been established that only 5 or more tightened bolts on the hub of the rear wheel guarantee the safety of the car.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

σ_B – межа короткочасної міцності, [МПа].

σ_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.

A_{c1} – критична точка перетворення перліту в аустеніт.

A_{c3} (A_{cm}) – критична точка кінця розчинення фериту в аустеніті.

A_{r3} – критична точка початку виділення фериту з аустеніту.

A_{r1} – критична точка перетворення аустеніту в перліт.

$\sigma_{0.2}$ – границя (межа) текучості, [МПа].

σ_B – межа короткочасної міцності, [МПа].

σ_{-1} – межа витривалості на стиск-розтяг (симетричний цикл), [МПа].

δ_5 – відносне подовження при розриві, [%].

KCU – ударна в'язкість, [кДж/м²].

HB – твердість за Брінеллем, [МПа].

SW – SolidWorks.

SWS – SolidWorks Simulation.

MCE – метод скінченних елементів.

САПР – система автоматизованого проектування.

CE – скінченні елементи.

ДРД – додаткова ремонтна деталь.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТП – технологічний процес.

ТУ – технічні умови.

ТО – технічне обслуговування.

ЩТО – щоденне технічне обслуговування.

ТБ – техніка безпеки.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Головним завданням проведення діагностики авто вважається виявлення несправностей гальмівної системи та їх усунення. Вузол маточини служить опорою для установки колісних дисків і гальмівних елементів. Він забезпечує безперешкодне обертання колеса, передає на ведучі колеса крутний момент від диференціала. На маточині кріпиться корпус гальмівного барабана. Тому її працездатність визначає безпеку руху авто.

Новизна роботи. За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану маточини заднього колеса вантажного автомобіля ЗИЛ-431410 (встановлено, що тільки 5 і більше закручених болтів на маточині колеса гарантує безпеку руху). Розроблений технологічний процес відновлення маточини проточним залізненням.

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:

– Міжнародній науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту», Хмельницький, 11-12 жовтня 2022 р.

Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці: розроблений технологічний процес відновлення маточини проточним залізненням з вибором мірального інструменту та устаткування, розрахована площа ділянки.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Гальмівна система автомобіля ЗИЛ-431410

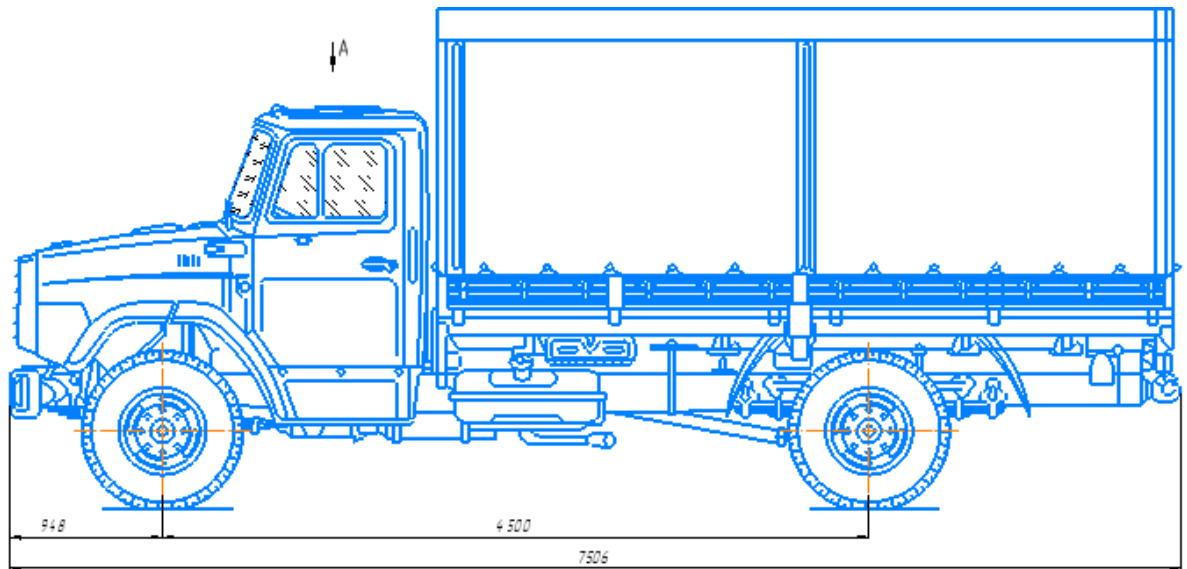
Поняття «автомобіль» включає легковий, вантажний автомобіль та автобус. Незважаючи на ряд принципових конструктивних відмінностей, між ними є багато спільного: двигун внутрішнього згорання, система з підвіскою і шинами, органи управління, гальмівна система. На автомобільних заводах кінцевим продуктом виробництва можуть бути як автомобілі, так й окремі їх складові частини, що включають велике число деталей, вузлів, механізмів і систем [1].

Автомобіль служить для швидкого переміщення вантажів і пасажирів по різних типах доріг і місцевості. Автомобільний транспорт грає найважливішу роль в усіх сторонах життя країни. Без автомобіля неможливо представити роботу жодного промислового підприємства, державної установи, будівельної організації, комерційної фірми, підприємства сільського господарства, військової частини. Значна кількість вантажних і пасажирських перевезень припадає на частку цього транспорту.

Велике значення автомобіля у збройних силах. Бойова і повсякденна діяльність військ безперервно пов'язана з використанням автомобільної техніки. Від її наявності і стану залежать рухливість, маневреність частин, виконання бойового завдання. На автомобілях встановлюються ракетні установки, станції радіолокацій, спеціальне устаткування. Створені спеціальні машини забезпечення: автопаливозаправники, кислородозаправники, пускові агрегати, крани, штабні автобуси, ремонтні майстерні, машини хімічних військ, інженерні, санітарні, пожежні та ін. Без участі автомобільної техніки жоден літак не може піднятися у повітря. Перевірка електричних, гідравлічних, пневматичних та інших систем, заправка паливом, мастилом, киснем, повітрям, боєприпасами, буксирування літаків, очищення злітно-посадочних смуг – усе це виконують автомобілі.

Таким чином, автомобіль став невід'ємним елементом в повсякденному житті громадян, без якого немислимий прогрес. Зовнішній вигляд автомобіля ЗИЛ-431410 (колишній ЗИЛ-130 [2]) наведено на рис. 1.1.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Вид А

Вид Б

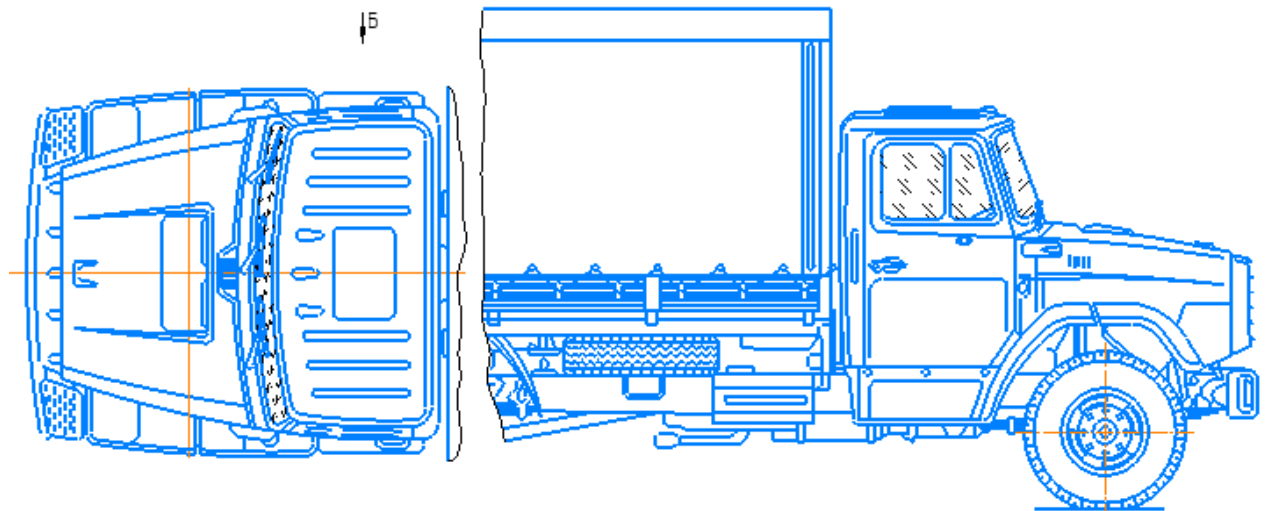


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд автомобіля ЗИЛ-431410 (Компас-3D)

1.1 Призначення й технічна характеристика гальмівної системи автомобіля ЗИЛ-431410

Гальмівна система автомобіля призначається для пониження швидкості його руху, зупинки й утримання у такому стані.

Максимальне значення гальмівної сили на колесі залежить від [3]:

- можливостей механізму, який створює цю силу;
- навантаження, яке припадає на колесо;
- коефіцієнта зчеплення з дорогою.

За однаковості усіх факторів, які визначають силу гальмування, ефективність гальмівної системи залежить від конструкції механізмів, гальмуючих автомобіль.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ

Арк.

12

На автомобілях для підвищення безпеки руху встановлюють декілька гальмівних систем, які за призначенням поділяють на: робочу, запасну, стоянкову, допоміжну.

Автомобіль ЗИЛ-431410 має робочу гальмівну систему з чотирма гальмівними механізмами і пневматичним приводом. Будова гальмівних механізмів і приладів пневматичного приводу багато в чому аналогічно автомобілю ЗИЛ-130. Основні відмінності зводяться до наступного: у гальмівних механізмів задніх коліс розтискний кулак виконаний за криволінійним профілем, а на кінцях колодок, що взаємодіють з кулаком, встановлені ролики. При регулюванні гальмівних механізмів домагаються, щоб вихід штоків гальмівних камер був в межах 15-25 мм для передніх гальм і 20-30 мм для задніх.

У пневматичному приводі є два повітряні балони. На автомобілях, не призначених для роботи з причепом, встановлюється одинарний гальмівний кран, аналогічний нижній секції двосекційного крапу. У цих автомобілів відсутні роз'єднувальний кран і сполучна голівка.

В якості джерела енергії для гальмування використовується стисле повітря. Пневматичний гальмівний привід дозволяє розвивати великі гальмівні сили при невеликому зусиллі водія, необхідному лише для відкриття пристрою, що впускає в систему стисле повітря. У систему пневматичного приводу гальм автомобіля ЗИЛ-431410 входять: компресор, повітряні балони, манометр, гальмівний кран, колісні гальмівні камери, педаль гальма, регулятор тиску, запобіжний клапан, кран відбору повітря, кран для зливу конденсату води і мастила, роз'єднувальний кран і сполучна голівка (рис. 1.2).

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що приводить в дію механізми, які розсовують гальмівні колодки. Розгальмування відбувається завдяки стяжним пружинам колодок.

Двоциліндровий компресор автомобіля ЗИЛ-431410 встановлюють з правого боку на голівці блоку двигуна. Основні деталі компресора наступні: блок циліндрів, голівка блоку, картер, передня, задня і нижня кришки.

Колінчастий вал компресора, який обертається в шарикопідшипниках, шатунами і поршневими пальцями сполучений з поршнями. На передньому кінці колінчастого валу встановлений сальник, а на шпонці шків, який укріплений гайкою.

Шків компресора приводиться в обертання клиновидним пасом від шківа, посадженого на вал вентилятора. На задньому кінці колінчастого валу є ущільнювач і гайка для затягування шарикопідшипника. У стінці блоку циліндрів зроблений отвір для повітря, що поступає всередину циліндрів через впускні пластинчаті клапани. У голівку блоку над кожним циліндром укручена пробка, в яку поміщена пружина нагнітального клапана, посадженого в сідло. Нижні голівки шатунів роз'ємні і мають регульовальні прокладення.

Система мащення компресора комбінована. Мастило з головної магістралі підводиться по трубці всередину колінчастого валу компресора. Залиті антифрикційним сплавом шатунові підшипники змащуються примусово, а інші деталі – розбризкуваним мастилом. З картера компресора відпрацьоване мастило по спеціальній трубці відводиться в картер двигуна.

Компресор має рідинну систему охолодження, пов'язану з системою охолодження двигуна. При опусканні одного з поршнів вниз в циліндрі компресора створюється розрідження і повітря засмоктується в нього через очисник повітря двигуна і пластинчатою впускний клапан. При підйомі поршня повітря стискується і через клапан поступає в трубопровід, що веде до повітряних балонів і далі в пневматичну систему; потім цей процес повторюється.

Тиск стислого повітря у балонах обмежений спеціальним розвантажувальним пристроєм, який знижує витрати потужності двигуна на привід компресора і підвищує довговічність. Цей пристрій, працюючий разом з регулятором тиску,

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складається з поміщених під клапанами двох плунжерів з ущільнювачами і штовхальниками. Коромисло, яке сполучає плунжери, навантажене пружиною. Порожнина під впускними клапанами сполучена трубопроводом з очисником повітря двигуна, а канал під плунжерами – з регулятором тиску.

Подача повітря у балони автоматично припиняється, коли тиск повітря в пневматичній системі досягне 700-740 кН/м² (7,0-7,4 кгс/см²), оскільки при цьому регулятор тиску подає стисле повітря по каналу у блок циліндрів під плунжери. Піднімаючись, плунжери відкривають впускні клапани циліндрів, внаслідок чого припиняється подача повітря в пневматичну систему, оскільки повітря може вільно переходити з циліндра в циліндр через порожнину під клапанами. Таким чином, компресор автоматично переводиться в режим холостого ходу. Робота компресора при холостому ході супроводжується деякою непродуктивною витратою потужності двигуна.

Повітряні балони служать для охолодження і зберігання запасу стислого повітря, що поступає з компресора. У них є крани для зливу конденсату води і мастила і запобіжний клапан. Для оберігання крану від засмічення його отвір закривають ковпачковою гайкою.

У корпусі регулятора тиску, закритому кожухом, встановлений штуцер, в якому поміщений шток клапанів. Згори на шток через кульку давить пружина. На штуцер навернений ковпак пружини клапанів, закріплений контргайкою. Цим ковпаком регулюють натягнення пружини. В результаті при загвинчуванні ковпака максимальний тиск в гальмівній системі підвищується.

Управління гальмами автомобіля за допомогою регулювання подачі стислого повітря з балонів до гальмівних камер виконують гальмівним краном. Цей кран також забезпечує постійну гальмівну силу при незмінному положенні педалі гальма і швидке розгальмування після припинення натиснення на педаль. Для накачування шин стислим повітрям використовують кран відбору повітря.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Несправності та ремонт гальмівної системи ЗИЛ-431410

Головним завданням проведення діагностики авто вважається виявлення несправностей гальмівної системи ЗИЛ 431410, а також їх усунення (основні несправності системи гальмування ЗИЛ 431410 наведено у табл. 1.1).

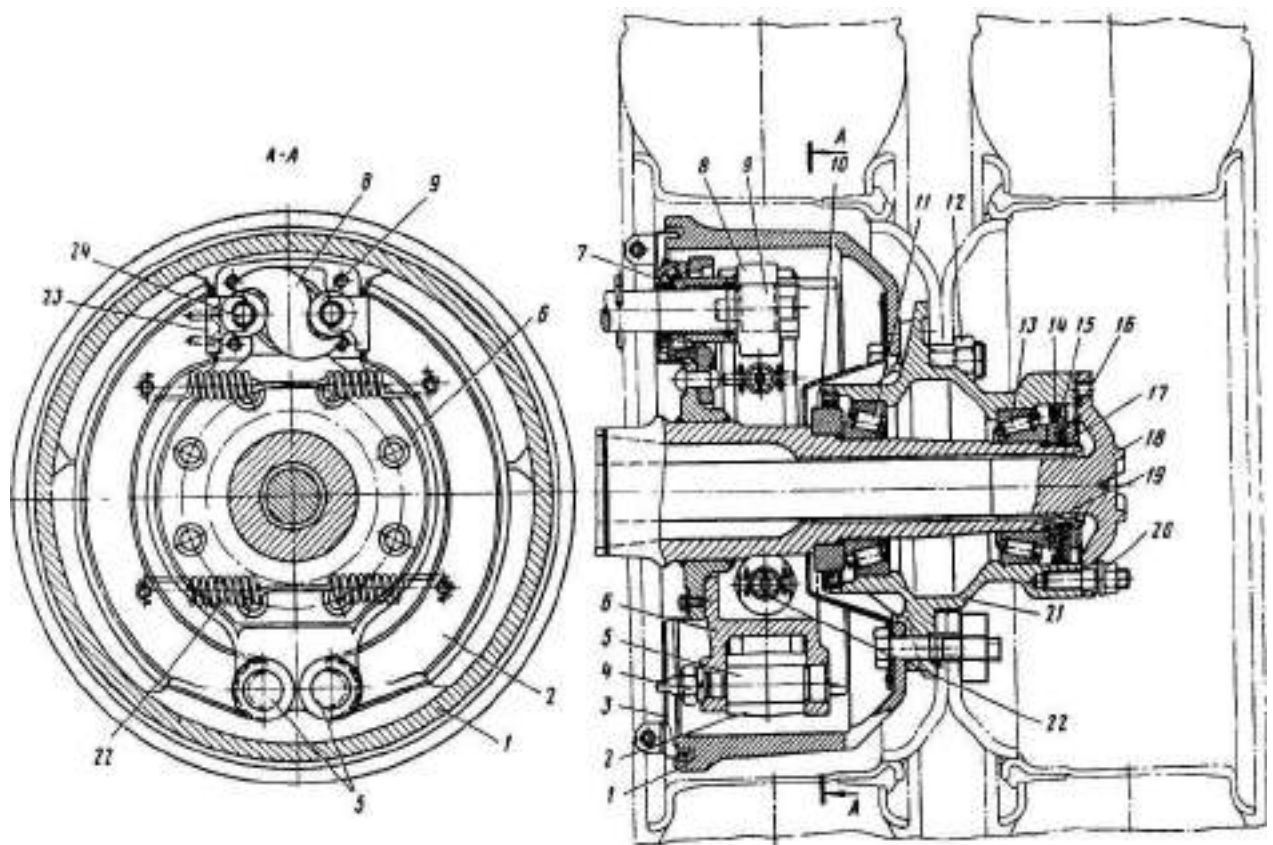
Таблиця 1.1 – Основні несправності системи гальмування ЗИЛ-431410

Повільно заповнюються повітряні балони.	В основному причина такої несправності виникає через утворення різних тріщин та ушкоджень балона.
Не до кінця заповнюються балони з повітрям.	Це може бути пов'язано із засміченням трубопроводу або ж ушкодженням подвійного захисного клапана.
Не до кінця заповнюються балони на причепі.	Найчастіше така несправність виникає через поломки вузлів керівництва гальмами причепа.
Дуже високий або занадто маленький тиск у балонах з повітрям.	У такому разі треба провести регулювання регулятора тиску, а також перевірити функціонування двострілкового манометра.
Не працює педаль гальма.	Причиною може бути погано відрегульований кран гальма, поломка клапана, що обмежує тиск, або гальмівного крану; неправильно встановлений привід регулятора крану гальмування, а також великий хід штоків камер гальмування.
Несправні запасні та стоянкові гальма.	Причина несправності може полягати в поломці прискорювального клапана, крану аварійного розгальмування, великий хід штоків камер або неправильно встановлений привід регулятора крану гальма.
Машина не знімається із запасного або стоянкового гальма.	Така несправність може бути пов'язана з витоком повітря з третього контуру, поломкою упорного підшипника енергоакумулятора, а також поломка атмосферного виведення прискорювального клапана.
У момент використання додаткової системи гальмування неможливе гальмування.	Така поломка може бути пов'язана з несправністю пневматичного крану, що включає додаткове гальмо, з поломкою заслінок або електромагнітного клапана.
Попадання мастила в пневматичні системи.	У такому разі треба буде перевірити кільця поршня, а також циліндри компресора.

Крім того, своєчасне виявлення несправностей системи гальмування дозволить уникнути великих грошових витрат й запобігти поломці. У спеціалізованих центрах діагностика проводиться на спеціальному стенді, але можна її провести в домашніх умовах.

1.3 Призначення маточини колеса

Маточина — це обертова деталь, призначена для насадки на вісь або вал (поз. 21 на рис. 1.3).



1 – гальмівний барабан ; 2 – гальмівна колодка; 3 – розтискний кулак; щиток;
4 і 20 – гайки; 5 – вісь колодки; 6 – супорт; 7 – кронштейн розтискного кулака; 8 –
розтискний кулак; 9 – ролик; 10 і 14 – манжети; 11 і 13 – підшипники; 12 –
зовнішня гайка; 15 – регулювальна гайка; 16 – замкове кільце; 17 – контргайка; 18
– піввісь; 19 – кожух півосі; 21 – маточина; 22 – внутрішня гайка; 23 – стяжна
пружина; 24 – опора ролика

Рисунок 1.3 – Гальмівний механізм задніх коліс ЗИЛ-431410

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Виготовляють маточину з цільної металевої заготовки, виточуючи потрібну форму [4] – рис. 1.4.

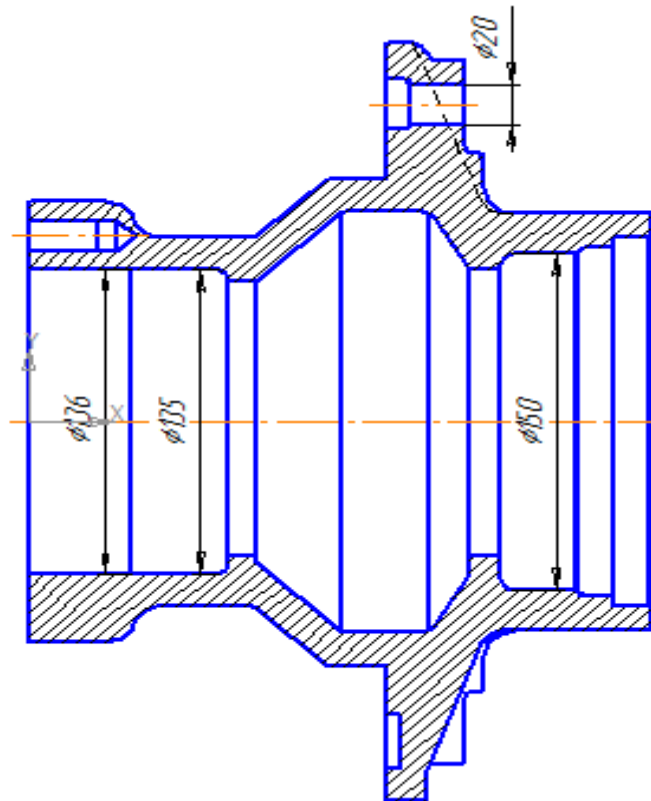


Рисунок 1.4 – Маточина задніх коліс ЗИЛ-431410 (Компас-3D)

Отвір маточини має шліцевий профіль або паз шпонки для передачі крутного моменту. Вузол маточини – це зібраний комплект з маточини, підшипників, стопорними болтами, скобами й гайками. Служить опорою для установки колісних дисків, гальмівних елементів. Забезпечує безперешкодне обертання колеса, передає на ведучі колеса крутний момент від диференціала.

Маточина – це вузол, який з'єднує підшипникову частину з підвіскою, для вільного обертання колеса. Принцип дії здійснюється за рахунок роликів підшипника, що дозволяють колесу та гальмівному диску обертатися. За рахунок підшипника колесо може обертатися. Залежно від модифікації, маточина може бути інтегрована з гальмівним диском і барабаном. Також маточина може

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включати в себе датчик ABS, шпильки для кріплення колеса, гребінки ABS. Прості модифікації маточок виробляють окремо від підшипника [5].

Незалежно від марки і моделі авто, кожне колесо "сидить" на маточині. Це дозволяє колесу і гальмівного диску обертатися відносно поворотного кулака або балки за допомогою підшипника. У випадку з ведучими колесами маточина передає крутний момент через піввісь; для цього в ній є спеціальні шліци, куди вставляється привід (вихідний вал) КПП.

З огляду на те, що маточина працює під високим навантаженням, її корпус виготовляється з міцної литої "болванки". Розміри маточин і ступінь міцності розраховується при створенні автомобіля, де враховується вага авто, розмір коліс, швидкісні характеристики. Маточина влаштована таким чином:

- округлий корпус має різьбові отвори для кріплення до балки або поворотного кулака;
- зовні маточини є отвори під болти кріплення колеса або шпильки, які монтуються у вузол шляхом запресування;
- підшипник роликів двоякий, рідше зустрічаються конічні підшипники (великий і малий);
- наявність гребінки і датчика обертання колеса (для системи ABS);
- кріплення підшипника (запресовується внутрішня частина в обойму або зовнішня).

Для кожної моделі автомобіля автовиробники передбачають різні розміри маточин. Не йдеться про співплатформенники (це різні моделі, зібрані на одній платформі, комплектуються багатьма однаковими деталями).

Діаметр маточини (навіть підшипникової частини) залежить від діаметра колісних дисків. Щоб визначити, які диски можна встановлювати, існує такий параметр, як ступичний діаметр (DIA). У стандартних дисках діаметр маточини та центральний отвір дисків ідеально підходять.

Якщо встановити колесо з невідповідним посадковим місцем, то навіть якщо вдасться це зробити, колесо під час їзди бовтатиметься. І тут автомобілісти встановлюють перехідні кільця.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маточина кріпиться до поворотного кулака або балки (залежить від типу шасі) за допомогою підшипника (залежно від модифікації може бути один або два). Маточина веденого колеса у центральній частині встановлюється на підшипник, який фіксується гайкою. На ній кріпиться корпус гальмівного барабана.

Маточина ведучого колеса всередині встановлюється на вал приводу за допомогою шліцевого з'єднання. Зовнішня частина підшипника запресовується у поворотний кулак. На сучасних автомобілях між маточкою та цапфою чи балкою встановлюється роликочий чи конусний підшипник. Сама маточина виготовляється з цільнолитого болванки міцного металу, з якої виточується деталь.

У маточиних підшипниках тілом кочення є кулькові або конічні ролики. За ступенем навантаження підшипник може бути однорядним і дворядним. Часто конічні ролики йдуть однорядними за рахунок застосування двох підшипників в маточині (малий і великий). Дворядні підшипники отримали широке застосування завдяки високій міцності і надійності, а значить їх ресурс може досягати сотень тис. км.

Конічні підшипники – обслуговуються, потребують періодичного оновлення високотемпературного мастила, обов'язково наявність захисного чохла для запобігання попаданню бруду та вологи. Потрібне періодичне регулювання шляхом затягування гайки.

Дворядні підшипники – не обслуговуються. Найчастіше змінюються разом з маточкою. Підшипник з двох сторін закритий пластиковим чохлом для надійної герметичності. Не піддаються регулюванню. У разі виникнення люфту потрібна заміна.

Маточини діляться на три категорії:

– для некерованих ведучих коліс (встановлюють на задню вісь авто, жорстко з'єднують з панчохою моста або поворотним кулаком); має внутрішні шліци для півосі, яка затискається гайкою до маточини;

– для керованих некерованих коліс – (передній привід) монтується на задню вісь за рахунок кріплення до балки або цапфи; від модифікації авто залежить тип

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підшипників і маточин (може бути одним цілим з барабаном або гальмівним диском); відрізняється простою конструкцією;

– для ведучих керованих коліс (є вузол, що кріпиться на поворотний кулак); має шлицевий отвір під піввісь; можлива наявність датчика ABS; на сучасних авто маточина необслуговувана.

1.4 Причини та ознаки поломок маточин коліс

У процесі експлуатації машини маточини властиво зношуватися з наступних причин [5-7]:

- природний знос підшипника;
- установка інших коліс, ніж рекомендовано заводом-виробником (низький профіль гуми, велика ширина диска);
- експлуатація авто на поганому дорожньому покритті (маточиний вузол приймає на себе удари);
- неякісний виріб;
- сильне або слабке затягування болта або гайки.

Ознаки:

- підвищений шум з боку зношеного вузла;
- авто сходить з колії;
- підвищена вібрація при русі.

Вкрай важливо вчасно визначити несправність підшипника, інакше це призведе до його заклинювання, що вкрай небезпечно на високій швидкості.

Правильна ознака несправності маточини – сильний гул, що доноситься зі швидкості 40 км/год. Інтенсивність шуму збільшується пропорційно швидкості. Автомобіль необхідно відправити на діагностику, де шляхом вивішування колеса, обертовими рухами, а також поштовхами визначають бік і ступінь зносу. Самостійно можна розкочати колесо, вивісивши машину домкратом.

Замінити маточину не складає труднощів, якщо це єдиний вузол з підшипником. Досить зняти колесо, відкрутити два гвинти кріплення гальмівного

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

диска, і відкрутити маточину від поворотного кулака. Можливі труднощі виникнуть при наявності датчика ABS (роз'єму властиво закисати).

Продовжити термін служби маточини можна наступним чином:

- обслуговувати вузли, своєчасно регулювати і оновлювати мастило;
- намагатися уникати ям і вибоїн;
- правильно гальмувати перед перешкодами (лежачі поліцейські тощо), розвантажуючи підвіску;
- встановлювати колеса відповідного розміру;
- уникати неякісні запчастини;
- стежити за розвал-сходженням, а також справністю ходової частини в цілому.

1.4.1 Заміна або ремонт маточини

Маточина колеса в автомобілі виготовляється з максимально міцного металу, завдяки чому вона виходить з ладу вкрай рідко. В основному деформація або поломка цього вузла відбувається внаслідок сильного удару.

Маточина також потребує заміни, тільки якщо немає можливості випресувати з неї підшипник, а вузол далі не можна експлуатувати через сильне зношування підшипника. Якщо в результаті недбалого виконання своїх обов'язків працівник шиномонтажу зірвав болт або шпильку в маточині і її ніяк не виходить висвердлити або викрутити, то доведеться теж міняти маточину.

Заміна маточини, особливо переднього колеса, вимагає певних навичок та наявності наступних інструментів [8-9]:

- знімач стопорних кілець;
- знімач чашки;
- лещата;
- викрутка;
- домкрат;
- зубило;

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– МОЛОТОК.

Щоб автомобіль під час виконання роботи не зіскочив з домкрата, машину необхідно додатково зафіксувати на поліні чи іншій страховці. Якщо потрібно замінити маточину або її підшипник, заздалегідь необхідно придбати нові запчастини.

Підготовка машини наступна.

Піддомкрачується автомобіль. Якщо змінюється передня маточина, то як противідкатний елемент можна використовувати ручне гальмо. Якщо змінюється задня маточина, то передні колеса необхідно додатково підперти противідкатними черевиками (якщо просто поставити авто на передачу, вона все одно переміщатиметься взад-вперед).

Далі необхідно відкрутити колісні болти та гайка кріплення маточини. Якщо її різьба прикипіла та її ніяк не вдається відкрутити, можна обережно розрізати одну грань (наприклад, спробувати висвердлити цей край дрилем). Далі тупим зубилом трохи розсувається вся гайка (достатньо кілька разів ударити молотком по зубилу, встановленим у зроблений проріз). Цю процедуру потрібно виконувати акуратно, щоб не пошкодити різьбу, на яку нагвинчується гайка.

Після того як було знято колесо та відгвинчена маточина гайка, за допомогою викрутки знімається захисний ковпачок. Після цього відкручується гальмівний супорт. Він знімається з гальмівного диска та відсувається убік.

Далі від цапфи від'єднуються шарові опори, рульові наконечники та інші елементи, щоб звільнити поворотний кулак. Знімається стійка підвіски і демонтується сама маточина з кулаком. Далі можна виконати заміну підшипника або повністю всієї маточини.

1.4.2 Варіанти ремонтних робіт маточин

Як уже було сказано, сама по собі маточина практично ніколи не виходить з ладу. Найчастіше її потрібно демонтувати, щоб замінити маточиний підшипник. Є три варіанти його заміни [8-9]:

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Демонтаж підшипника за допомогою спеціального знімача без зняття поворотного кулака.

2. Демонтаж підшипника після зняття цапфи. Після цього вона затискається в лещатах і випресовується підшипник.

3. Знімається вся стійка разом із поворотним кулаком, після чого підшипник демонтується із затиснутої в лещатах конструкції.

У кожного з цих варіантів є свої переваги. У першому випадку немає необхідності після заміни підшипника ще й налаштувати розвал-сходження. Але сама процедура заміни деталі буде максимально незручною.

Другий спосіб легший. Але логічно, що після заміни підшипника або маточини часто потрібно налаштування розвалу-сходження авто. Перш ніж зняти поворотний кулак, потрібно буде нанести мітку на нього, щоб потім можна було правильно встановити відносно стійки підвіски. Також необхідно помітити положення регулювального болта. Такий метод відмінно підійде для тих, у кого необхідність заміни маточинового підшипника збіглася з плановою заміною кульових, сайлентблоків тощо.

При виконанні даної процедури, незалежно від обраного методу, важливо проводити демонтажні роботи максимально акуратно, щоб, вибиваючи підшипник, не пошкодити маточину та поруч розташовані деталі автомобіля. Сам підшипник при його вибиванні здебільшого руйнується.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Вибір матеріалу маточини

2.1 Замінники та іноземні аналоги

Для матеріалу маточини вибираємо сталь 30 (цифра 30 позначає, що середній вміст вуглецю в сталі складає 0,30 %). Її замінники: сталь 25 і сталь 35 [10]. Іноземні аналоги наведені у табл. 2.1 [11].

Таблиця 2.1 – Іноземні аналоги сталі 30

США	1030, G10300, M1031
Германія	1.0528, C30, C30E, Ck30
Японія	S28C, S30C, S33C, SWRCH30K, SWRCH33K
Франція	C30E, FR32, XC32
Євросоюз	1.1178, C30, C30E
Італія	C30, C30E, C30R
Китай	30, ML25Mn, ML30
Польща	30, 30A, 30rs

2.2 Характеристики й призначення сталі 30

Сталь марки 30 відноситься до нелегованих спеціальних конструкційних якісних вуглецевих сталей і застосовується при виготовленні деталей невисокої міцності, наприклад: тяги, серги, траверси, важелі, вали, зірочки, шпинделі, циліндри пресів, сполучні муфти [10].

Вона застосовується також для виготовлення: гаків для елеваторів, піднімальних гаків, осей, талевих блоків і крон-блоків, лопат глиномішалок, фланців, валиків, настановних кілець, деталей бурових лебідок. Сталь марки 30 рекомендується також для виготовлення деяких деталей обладнання нафтопереробних заводів.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нормалізованому стані сталь марки 30 застосовується для виготовлення деталей, які випробовують порівняно невеликі напруження (гаки, фланці, настановні кільця і т.д.), а після загартування й високого відпуску застосовується для виготовлення таких деталей, як валики, осі, траверси й вилки бурових лебідок, вали відцентрових насосів і т.д. Зміна механічних властивостей сталі залежно від температури відпуску наведена на рис. 2.1 [10].

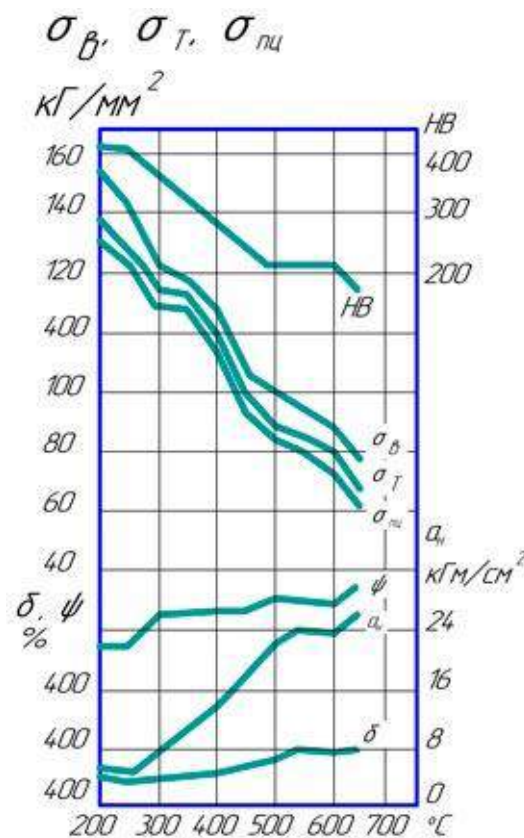


Рисунок 2.1 – Залежність механічних властивостей сталі 30 від температури відпуску (гартування з 860 °С у воді)

2.3 Хімічний склад

Хімічний склад сталі 30 наведено у табл. 2.2 [11-13].

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталі 30



2.4 Температура критичних точок

Температура критичних точок сталі 30 наведена у табл. 2.3 [12]

Таблиця 2.3 – Температура критичних точок сталі 30, °C

Ac ₁	Ac ₃	Ar ₃	Ar ₁	Mn ₃
730	820	796	680	380

2.5 Термообробка

Сталь марки 30 піддають нормалізації з температури 880-900°C. Гартування проводиться у воді з температури 860-880°C і відпуск — при 550-600°C.

Механічні властивості сталі 30 в залежності від температури відпуску (прокат: гартування 860 °С, вода; зразки діаметром 60 мм) наведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Механічні властивості сталі 30 в залежності від температури відпуску

Температура відпуску, °С	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (Дж / см ²)	НВ
400	420-490	560-680	16-24	53-64	90-190	153-189
500	390-440	540-630	18-27	61-68	120-210	150-175
600	350-390	490-570	21-28	66-72	150-230	138-158

Твердість НВ (по Брінелю) наведена у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Твердість по Брінелю (НВ)

Для металопродукції гарячекатаної та кованої		Для металопродукції каліброваної та зі спеціальною обробкою поверхні	
без термічної обробки	після відпалення або високого відпуску	нагартованої	після відпалення або високого відпуску
179	твердість не нормують і не контролюють	229	179

Границя витривалості сталі 30 наведена у табл. 2.6.

Таблиця 2. 6 – Границя витривалості сталі 30

σ_{-1} , МПа	Стан сталі
255	Гартування 830 °С в масло. Відпуск 640 °С. $\sigma_B = 530$ МПа Нормалізація 875 °С, повітря, $\sigma_B = 495$ МПа
206	

2.6 Механічні властивості

Механічні властивості металопродукції (не менше) наведені у табл. 2.7.

Таблиця 2. 7 – Механічні властивості металопродукції (не менше)

Границя текучості $\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	Границя міцності σ_B , Н/мм ²	Відносне видовження δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %
295	490	21	50

2.7 Технологічні властивості

Температура кування, °С: початку 1280, кінця 750. Заготовки перерізом до 800 мм охолоджуються на повітрі.

Зварюваність — обмежено зварювана. Способи зварювання: РДЗ, АДЗ під флюсом та газовим захистом, ЕШЗ. Рекомендується підігрів і наступна термообробка. КТЗ без обмежень.

Обробка різанням — $K_{v\text{ б.ст}} = 1,7$ у гарячекатаному стані при НВ 143 і $\sigma_B = 460$ МПа.

Флокеночутливість — не чутлива.

До відпускнуої крихкості не схильна [10-13].

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану маточини заднього колеса ЗИЛ-431410

3.1 Постановка питання

Чому відкручуються колеса? Хто винен і в чому криються причини виникнення настільки неприємних ситуацій? Переважна більшість водіїв відразу виняють шиномонтажників, які, на їхню думку, не затягли болти на колесах. Але це не завжди так і причин відкручування болтів коліс може бути багато [14, 15].

Наприклад, як могло відкрутитися колесо, затягнуте динамометричним ключем моментом, регламентованим заводом виробником автомобіля? Несправний ключ? Ні, ключ перевірений, момент затягування збігається з еталонною динамометричною голівкою. Але, чому, навіть у цьому випадку, колеса іноді відкручуються?

Розглянемо можливі причини виникнення такої ситуації [14-15]:

1. Колесо відкрутилося відразу після шиномонтажних робіт. Автомобіль ніде не простоював, усе трапилося в русі й постійній присутності водія.
2. Шиномонтажник за правилами затяг усі колеса, але одне з них відкрутилося на ходу.
3. Через певний час деякі болти були загублені.
4. Колесо відкрутилося через кілька днів, а то й тижнів після шиномонтажних робіт.
5. Усі чотири колеса відкрутилися через кілька десятків кілометрів після їхньої установки.

Із усіх перерахованих варіантів лише п'ятий можна умовно віднести до провини шиномонтажного центру. У цьому випадку, дійсно, монтажник забув затягти кріплення на автомобілі. Скоріше всього він його наживив болти й не дотяг після опускання автомобіля.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо водій впевнений, що всі колеса були реально затягнуті болтами, але одне колесо відкрутилося по ходу руху через кілька десятків кілометрів, то причина не в поганому сервісі, а у втомі різьби болта. Причини цього наступні [14, 15]:

1. Використали кріплення поганої якості (через 2-3 нормованих затягування різьба не може забезпечити надійність силового з'єднання); цим грішать китайські виробники, кріплення яких витримують 2-3 нормованих затягування; після наступних затягувань різьба зрізується й не може забезпечити надійність силового з'єднання; таке кріплення швидко відпускається при русі із частими маневрами, розгонами й гальмуваннями.

2. Затягувались болти/гайки за допомогою пневмогайкокрута; використання пневмогайкокрутів при затягуванні болтів категорично неприйнятно. Після такого затягування його не можливо відкрити гайку за допомогою штатного балонного ключа, або вона відкрутиться сама через 2-3 сезонної установки шин. Причина — затягування було завершено в момент зриву різьби. Про це стане відомо тільки в момент відкриття болтів/гайок. При цьому болт міг бути вирваний на ходу під час повороту або об'їзду перешкоди. Якщо були перетягнені всі болти, то колесо може просто відпасти під час руху.

3. Кут конуса в отворі диска не відповідає куту кріплення; так буває, якщо оригінальними болтами/гайками хочуть затягнути неоригінальні колісні диски й навпаки.

4. Диски затягнули короткими болтами; звичайна ситуація, коли водій прагне заощадити й не купує подовжені болти при установці неоригінальних легкосплавних дисків з більшою товщиною тіла привалкової площини (тобто оригінальні болти виявляються просто короткими й лише прихоплюють диск на 3-4 нитки).

5. Невірний підбір кріплення по всіх параметрах для нових дисків;

6. Розбиті отвори в дисках не здатні забезпечити повний контакт кріплення по конусу/сфері; це буває, якщо водій якийсь час їхав під стукіт відкритого диска, добиваючи його в русі.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Їзда на трьох болтах/гайках замість чотирьох або чотирьох замість п'яти (втрата болта або зірвалась шпилька). У цей час кріплення, що залишилося, випробовує підвищені навантаження, тому може «потягнутися» і почати відкручуватися у будь-який момент.

Потрібно також стежити за станом маточини. Якщо вона покрилася іржею за зиму, то ставити на неї легкосплавний диск без скрупульозного очищення привалкової поверхні не можна. Диск може не відразу сісти й трохи пізніше в русі обов'язково виб'є іржу, з'явиться биття — кріплення ослабне й почне відкручуватися.

Якщо перших шість пунктів можна проконтролювати до початку руху автомобіля, то сьомий вимагає окремого розрахунку (скільки ж болтів можна не закрутити або загубити під час їзди, щоб не потрапити у ДТП?).

Наприклад, визначимо безпечну кількість затягнутих болтів для автомобіля ЗИЛ-431410 на задньому колесі (при максимальному крутному моменті двигуна 401,8 Нм [16], передаточних числах першої передачі коробки передач $n_1 = 7,44$ і головної передачі $n_{\text{зінноїдн.}} = 6,33$ [11], коефіцієнті корисної дії трансмісії $\eta_{\text{тп}} = 0,91$. Тому крутий момент на колесі наступний:

$$401,8 * 7,44 = 2989,392 * 6,33 = 18922,85 * 0,91 = 17219,79 \text{ Нм} \quad (3.1)$$

Приймаємо крутий момент на колесі $M_{\text{кр.}} = 17220 \text{ Нм}$.

Будемо відштовхуватись від того, що закручені усі болти, які кріплять маточину (рис. 1.4) до гальмівного барабана, й будемо закручувати по одному болту, які кріплять маточину до півосі, розраховуючи при цьому мінімальний коефіцієнт запасу міцності маточини.

3.2 Призначення програми комп'ютерного моделювання маточини

Розрахунок проводили за допомогою прикладної програми комп'ютерного інженерного аналізу SW [18-21], призначеної для автоматизованого міцнісного

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналізу конструкції проекту. SW використовує для розрахунку МСЕ (Finite Element Analysis, FEA) [22] – стандарт при розв'язку задач механіки твердого тіла чисельними методами. Він зайняв лідируюче положення через можливість моделювання широким колом явищ та об'єктів.

Більшість елементів, вузлів і конструкцій, виготовлених з матеріалів, які мають різну природу, можуть бути розраховані за допомогою МСЕ. Але відповідність між розрахунковою моделлю та дійсністю – одна з основних проблем застосування програм аналізу при використанні чисельних методів через неминучість похибок. Тому якість висновків, прийнятих на основі результатів, залежить від кваліфікації фахівця. Щодо розрахунків на міцність – від ступеня його знання основ МСЕ.

Деталь в SW – це 3-вимірний об'єкт, який складається з деякої кількості елементів. Елементи – окремі геометричні форми, які в поєднанні створюють деталь. Основні формотворчі елементи (бобишки та вирізи) будуються на базі плоских ескізів. Інші елементи (оболонки, округлення, фаски тощо) перетворюють вже існуючу 3D-модель [19].

У загальному випадку 3-вимірна твердотільна модель деталі в SW складається з безлічі «сконструйованих» елементів, або елементарних об'ємів. Найбільш загальні способи опису 3-вимірних об'єктів – табличні, в яких поверхня визначається масивом точок з відомими координатами. Такий спосіб використовують в універсальних форматах файлів, щоб зберегти інформацію про 3-вимірні об'єкти. Для побудови моделей зручніший аналітичний спосіб: поверхні є результатом руху відрізків уздовж однієї або декількох твірних.

До основних типів елементів SW відносяться:

- витягування (рух по прямій лінії);
- обертання (рух по колу);
- за траєкторією (рух уздовж довільної кривої);
- за перетинами (рух кількох довільних твірних уздовж декількох довільних напрямних); відповідно до цих типів виконують бобишки (виступаючі частини деталі) і вирізи.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До додаткових елементів відносять округлення, фаски, оболонки тощо. Крім цього, для створення елементів твердотільної геометрії використовують масиви елементів – лінійні та кругові, а також дзеркальні копії елементів. Інший додатковий тип операцій – булеві. Вони виконуються з 2-ма і більше елементами і необхідні для об'єднання елементів в єдиний об'єкт методами логічного вирахування або складання твердих тіл.

Твердотільні моделі в SW створюють одним із зазначених способів. Кінцевий результат не буде залежати від обраного способу, але для кращого розуміння і зручності редагування рекомендують виконувати модель аналогічно ТП її виготовлення. Наприклад, якщо обробку валу планують вести за допомогою токарних операцій, то і модель потрібно отримати методом обертання контуру [19].

Основні етапи твердотільного проектування в SW наступні:

- 1) побудова ескізу;
- 2) створення об'ємної моделі;
- 3) створення складальних одиниць;
- 4) генерація креслеників.

Ескізи – основа для створення 3-мірних твердотільних моделей деталей. Тому створення будь-якої деталі в SW починається з викреслювання ескізу: будується 2-мірний ескіз (плоский), приблизно так, як це роблять на аркуші паперу. В SW такі ескізи малюються на площині. За замовчуванням при створенні нової деталі дається три ортогональні (взаємно перпендикулярні) площини, які проходять через початок координат. Далі можна додавати будь-яку кількість площин, що мають потрібну орієнтацію у просторі. Але деколи зручно використовувати 3-мірний ескіз (у просторі), коли необхідно побудувати:

- довгомірну деталь (наприклад, трубу), яка змінює свій напрямок у просторі;
- зварену конструкцію, яка складається з профілів певного перетину.

Основні формоутворюючі операції у SW – команди додавання і зняття матеріалу. Система дозволяє:

- видавлювати контур із скінченними умовами (наприклад, на задану довжину або до вказаної поверхні);

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обертати контур навколо заданої осі;
- створювати тіло по заданому контуру з використанням декількох твірних;
- видавлювати контур уздовж заданої траєкторії;
- будувати лінійні нахили на вибраних гранях моделі, а також площини в твердих тілах із заданням їх різної товщини;
- будувати заокруглення постійного та змінного радіусу;
- будувати фаски та отвори складної форми.

3.3 Призначення програми розрахунку напружено-деформованого стану маточини

SWS інтегрована в САПР SW і є потужним і простим у використанні програмним комплексом для інженерних розрахунків. SWS має широкий спектр спеціалізованих вирішувачів, які дозволяють аналізувати більшість завдань для деталей і складань:

- лінійний статичний аналіз;
- визначення власних форм і частот;
- розрахунок критичних сил і форм втрати стійкості;
- тепловий аналіз;
- спільний термостатичний аналіз;
- розрахунок складань з використанням контактних елементів;
- нелінійні розрахунки;
- оптимізація конструкції;
- розрахунок електромагнітних задач;
- визначення довговічності конструкції;
- розрахунок течії рідин і газів.

На основі перевіреної техніки генерації звичайно-елементної сітки SWS дозволяє швидко та якісно аналізувати конструкції будь-якої складності, включаючи складання, вироби з листового металу тощо.

SWS дає можливість проводити:

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– автоматичну генерацію сітки з об'єднанням різних компонентів в одну модель;

– аналіз складань з урахуванням роз'єднання і тертя;

– аналіз складань з урахуванням великих нелінійних деформацій при контакті поверхонь і терті;

– аналіз інтерференції компонентів.

Навантаження і граничні умови можуть бути прикладені в глобальній або локальній системі координат. SWS підтримує ортогональну, циліндричну і сферичну системи координат.

Для візуалізації результатів SWS підтримує тривимірну графіку, засновану на OpenGL. Постпроцесор дозволяє переглядати наступні дані, отримані при розрахунку конструкції:

– напруження, відносні та абсолютні деформації, деформований стан, енергію деформації, сили реакції;

– власні форми і частоти коливань;

– температуру, градієнти температури, теплові потоки;

– динамічне відображення перерізів і виведення ізоповерхонь;

– майстер-перевірки конструкції, які дають можливість визначати коефіцієнт безпеки;

– історію оптимізації конструкції;

– графічне відображення зміни параметрів при Р-методі.

При побудові твердотільних моделей для розрахунку використовують CAD-систему SW.

3.4 Визначення працездатності маточини

3.4.1 Закрученні усі 8 болтів

Для даного дослідження у CAD-системі SW створили геометричну модель маточини (рис. 3.1), яку потім використали для розрахунків у додатку SW – CAE-системі SWS.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

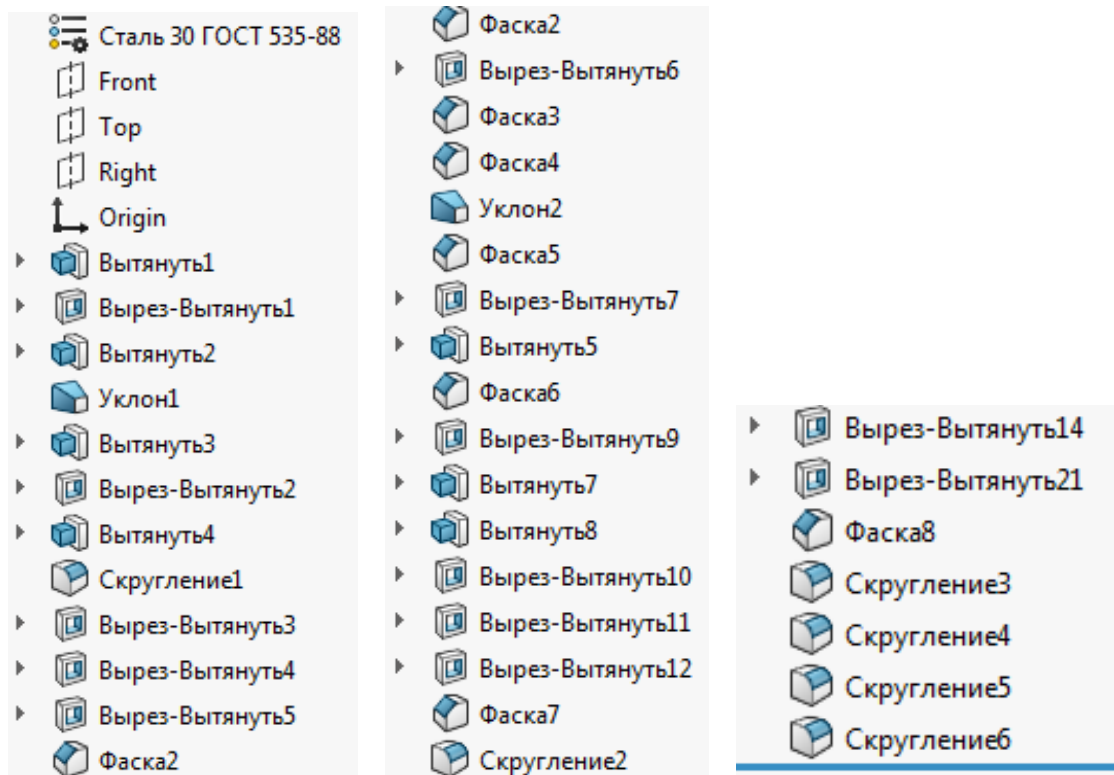


Рисунок 3.1 – Тривимірна модель маточини

Інформація про модель маточини наведена на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Інформація про модель маточини

На другому – до моделі маточини застосовують програмний модуль SWS: вибирається тип дослідження напружено-деформованого стану – статичний аналіз (рис. 3.3).

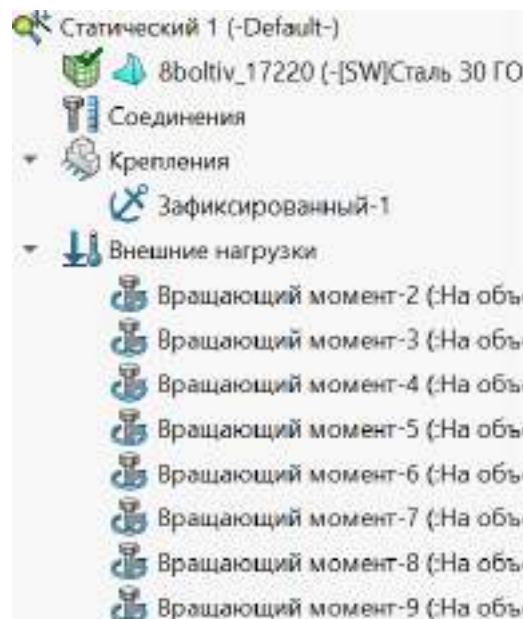


Рисунок 3.3 – Вибір типу дослідження напружено-деформованого стану маточини

Наступний етап: вибрали з бібліотеки SW матеріал, з якого виготовлена маточина – Сталь 30 ДСТУ 535-88 (рис. 3.4).

Свойства материала			
Ссылка на модель	Свойства	Компоненты	
	Имя:	Сталь 30 ГОСТ 535-88	Твердое тело 1(Скругленн6) (8boltiv_17220)
	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный	
	Критерий прочности по умолчанию:	Неизвестно	
	Предел текучести:	3,2e+08 N/m ²	
	Предел прочности при растяжении:	5,3e+08 N/m ²	
	Модуль упругости:	2e+11 N/m ²	
	Коэффициент Пуассона:	0,28	
	Массовая плотность:	7 850 kg/m ³	
	Модуль сдвига:	7,6e+10 N/m ²	
	Коэффициент теплового расширения:	1,2e-05 /Kelvin	

Рисунок 3.4 – Задання моделі маточини властивостей матеріалу, з якого він виготовлений

Наступний етап – вибираємо місця закріплення моделі маточини (у даному дослідженні – зафіксована геометрія) та прикладаємо до неї зовнішні навантаження (рис. 3.5).

Нагрузки и крепления				
Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксированный-1		Объекты:	1 грани	
		Тип:	Зафиксированная геометрия	
Результирующие силы				
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	2,59215	8,54446	-0,0191879	8,9299
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0
<L_LdName/>	<Label_LoadImage/>	<Label_LoadDetails/>		
<LoadName/>	<Image_Load/>	<Details_Load/>		

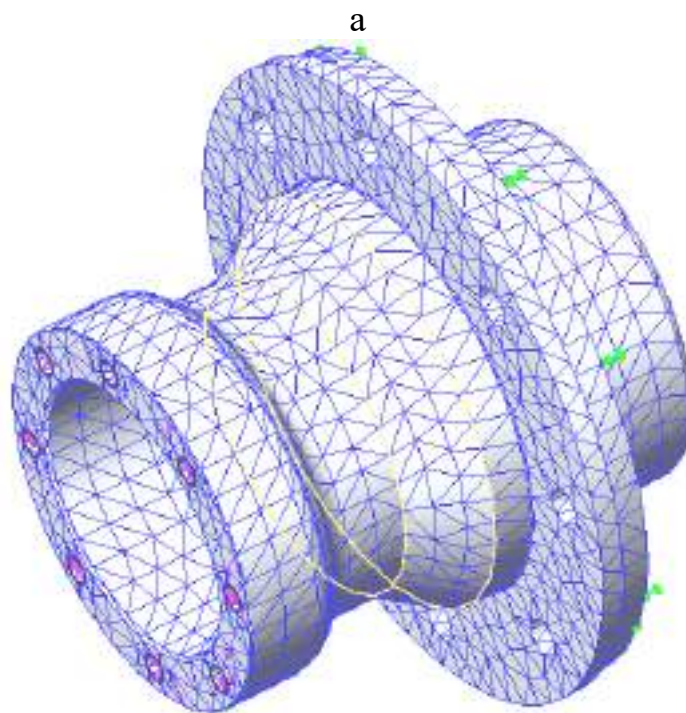
Рисунок 3.5 – Закріплення моделі маточини та формування картини навантажень

Потім SWS ділить модель маточини на маленькі частинки простої форми (елементи), з'єднані у спільних точках (вузлах): програма аналізу СЕ 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 вона складається. 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 для сетки высокого качества	4 Точки
Размер элемента	14,8433 mm
Допуск	0,742164 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация	
Всего узлов	23261
Всего элементов	13023
Максимальное соотношение сторон	26,983
% элементов с соотношением сторон < 3	81,9
Процент элементов с соотношением сторон >= 10	2,03
Процент искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:06
Имя компьютера:	



б

Рисунок 3.6 – Параметри сітки (а) та її відображення (б) на моделі маточини

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

Результирующие силы					
Силы реакции					
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
вся модель	N	1,59315	3,54446	-0,011829	3,9179
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	6,48413	-1,05176	-6,63284	7,4047
Моменты свободных тел					
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
вся модель	N.m	0	0	0	1e-33

Рисунок 3.7 – Результуючі сили та моменти реакції для моделі маточини

Наступні етапи:

- будується матриця жорсткості;
- проводиться синтез скінченно-елементної моделі маточини з її окремих елементів (враховуються умови закріплення деталі у вузлових точках);
- розв’язується одержана система алгебраїчних рівнянь і визначаються компоненти напружено-деформованого стану (рис. 3.8 – 3.11).

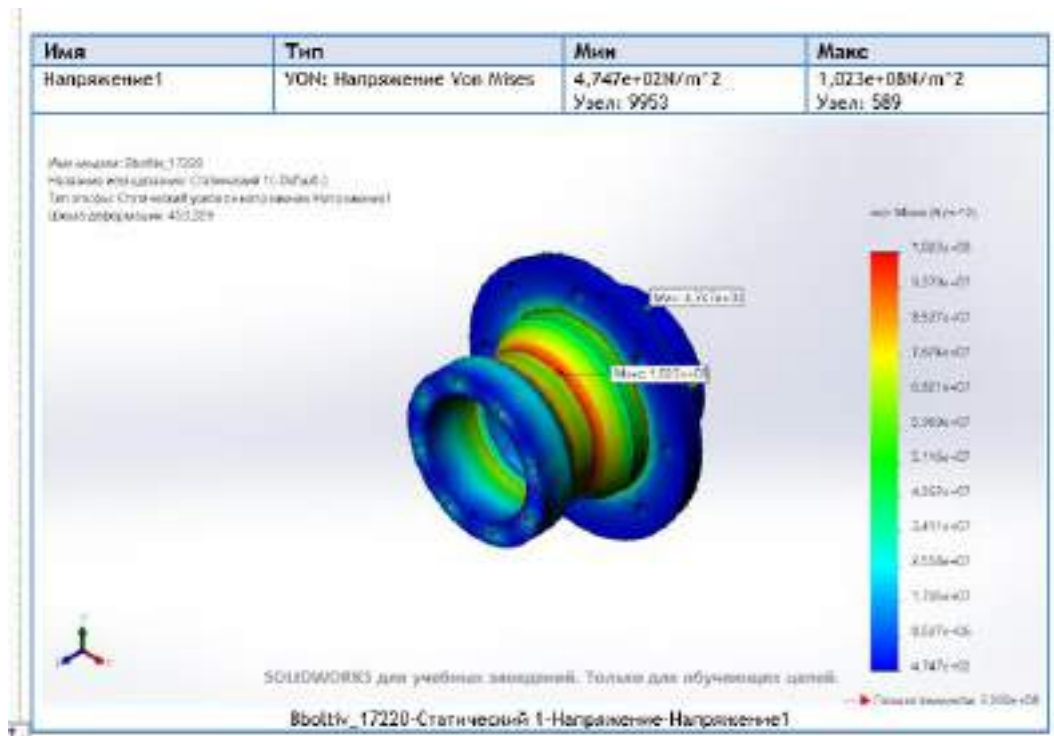


Рисунок 3.8 – Контурний графік сумарних напружень von Mises моделі маточини

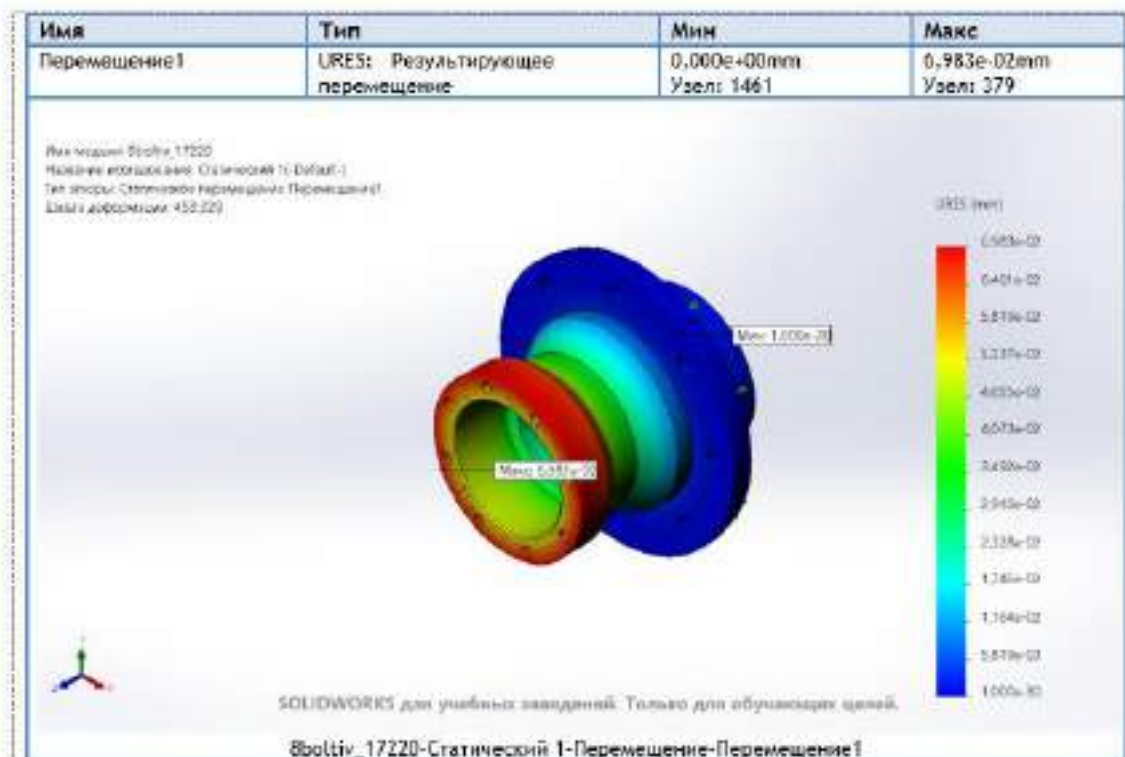


Рисунок 3.9 – Контурний графік сумарних переміщень URES моделі маточини

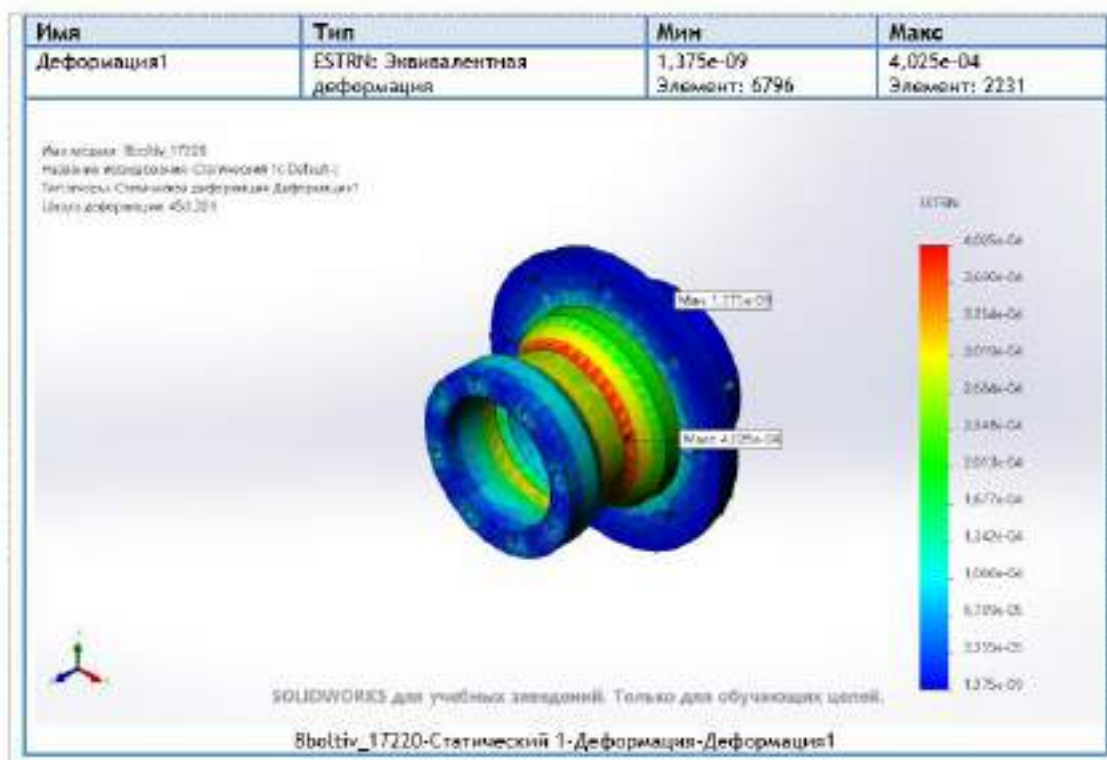


Рисунок 3.10 – Контурний графік сумарних деформацій ESTRN моделі маточини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

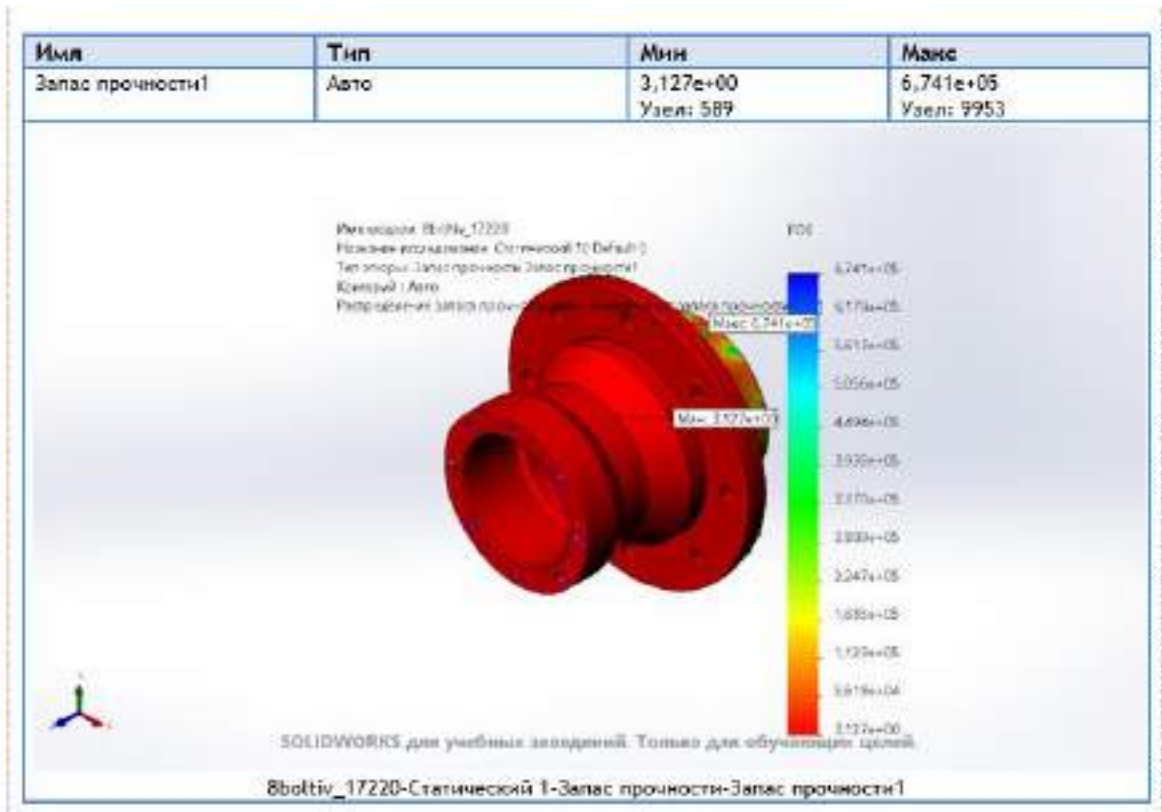


Рисунок 3.11 – Контурний графік запасу міцності FOS моделі маточини

Таким чином, вузлові максимальні напруження Von Mises, переміщення URES, деформація ESTRN і запас міцності FOS моделі маточини складають:

- Von Mises $\sigma = 6,71482e+007$ 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,
- FOS $n = 3,127$ (вузол 589) – рис. 3.11.

Так як запас міцності n більше допустимого $[n] = 1,5$, то запас міцності маточини достатній.

3.4.2 Закрученні 7 болтів

Повторимо проведені розрахунки працездатності маточини у випадку, коли один болт відкрутився і «загубився».

Компоненти напружено-деформованого стану (рис. 3.12 – 3.15).

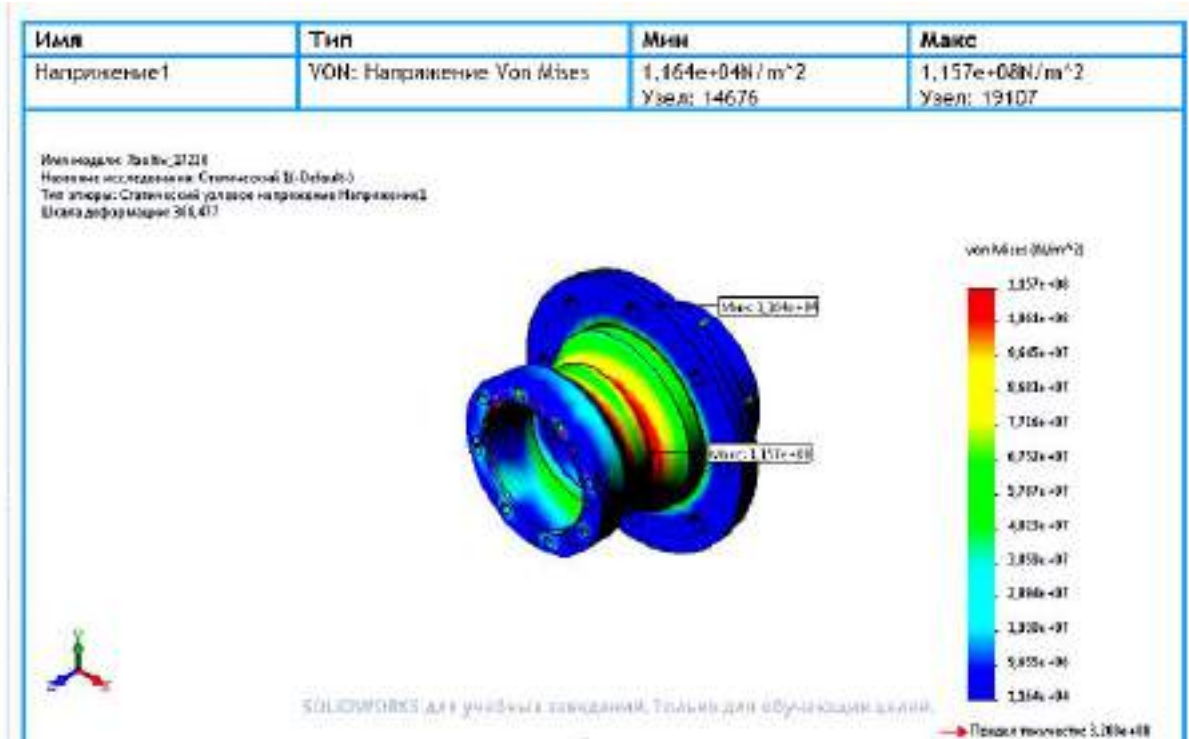


Рисунок 3.12 – Контурний графік сумарних напружень von Mises моделі маточини

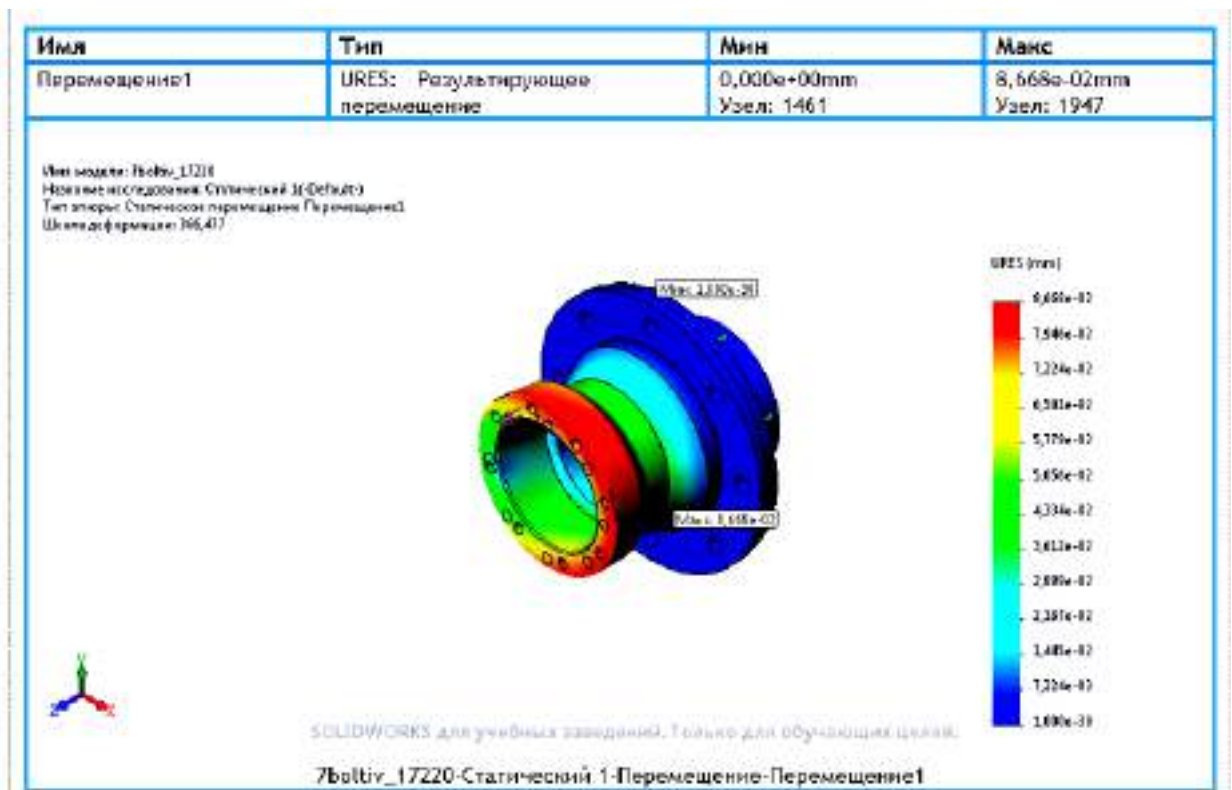


Рисунок 3.13 – Контурний графік сумарних переміщень URES моделі маточини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

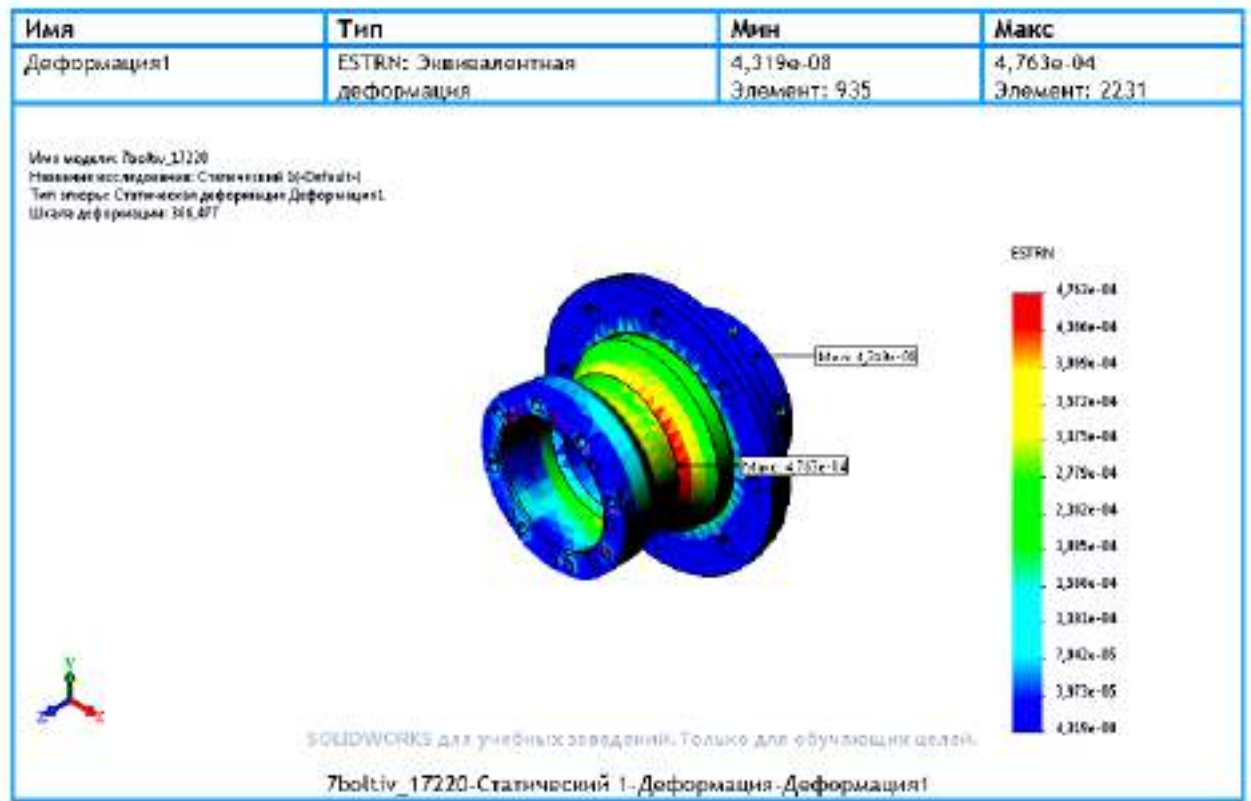


Рисунок 3.14 – Контурний графік сумарних деформацій ESTRN моделі маточини

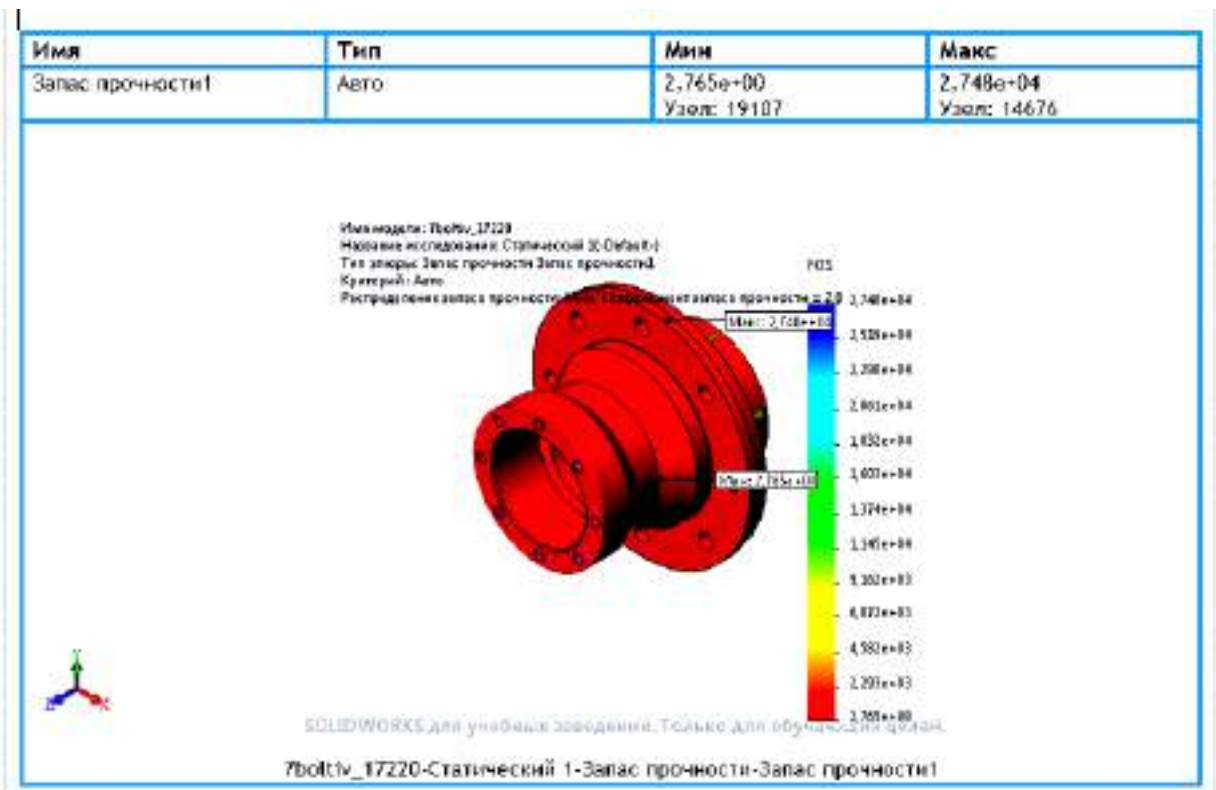


Рисунок 3.15 – Контурний графік запасу міцності FOS моделі маточини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Так як запас міцності $n = 2,765$ більше допустимого $[n] = 1,5$, то запас міцності маточини достатній.

3.4.3 Закручені 6 болтів

Повторимо проведені розрахунки працездатності маточини у випадку, коли два болти відкрутилися.

Компоненти напружено-деформованого стану (рис. 3.16 – 3.19).

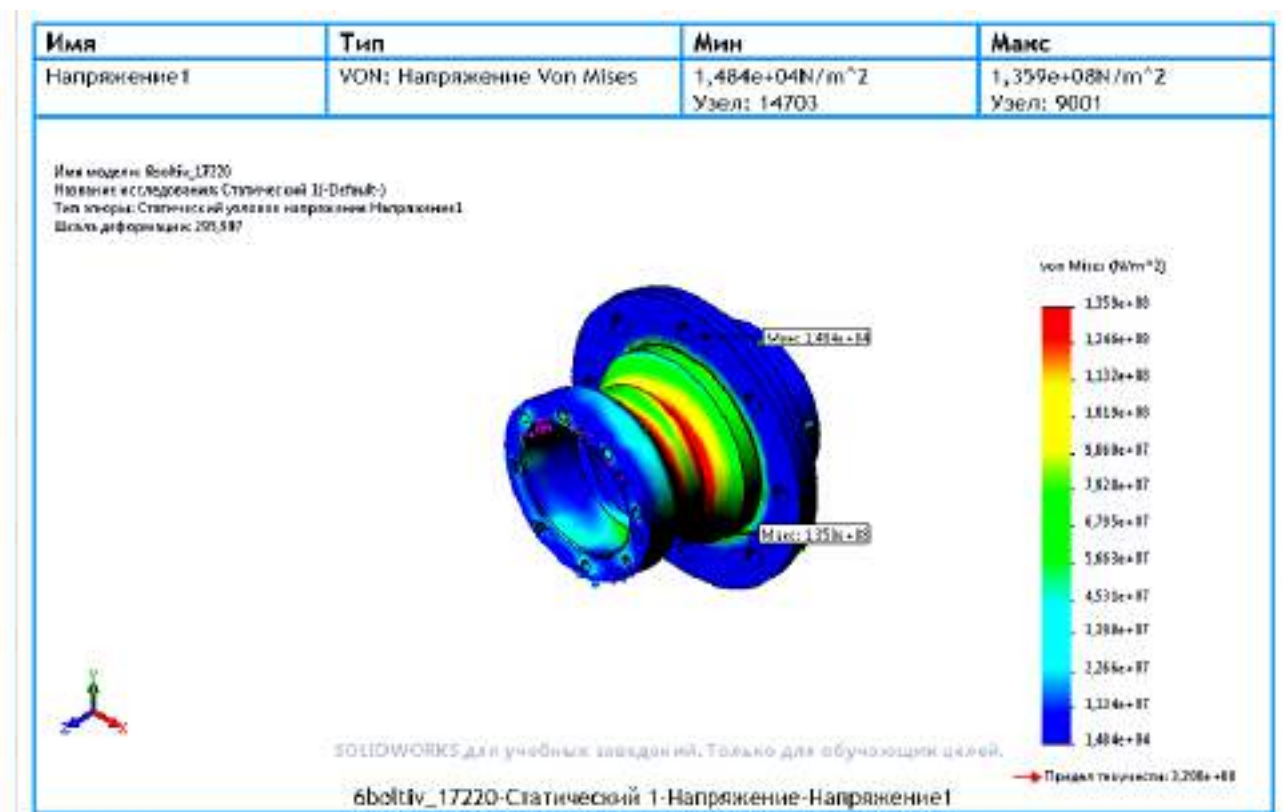


Рисунок 3.16 – Контурний графік сумарних напружень von Mises моделі маточини

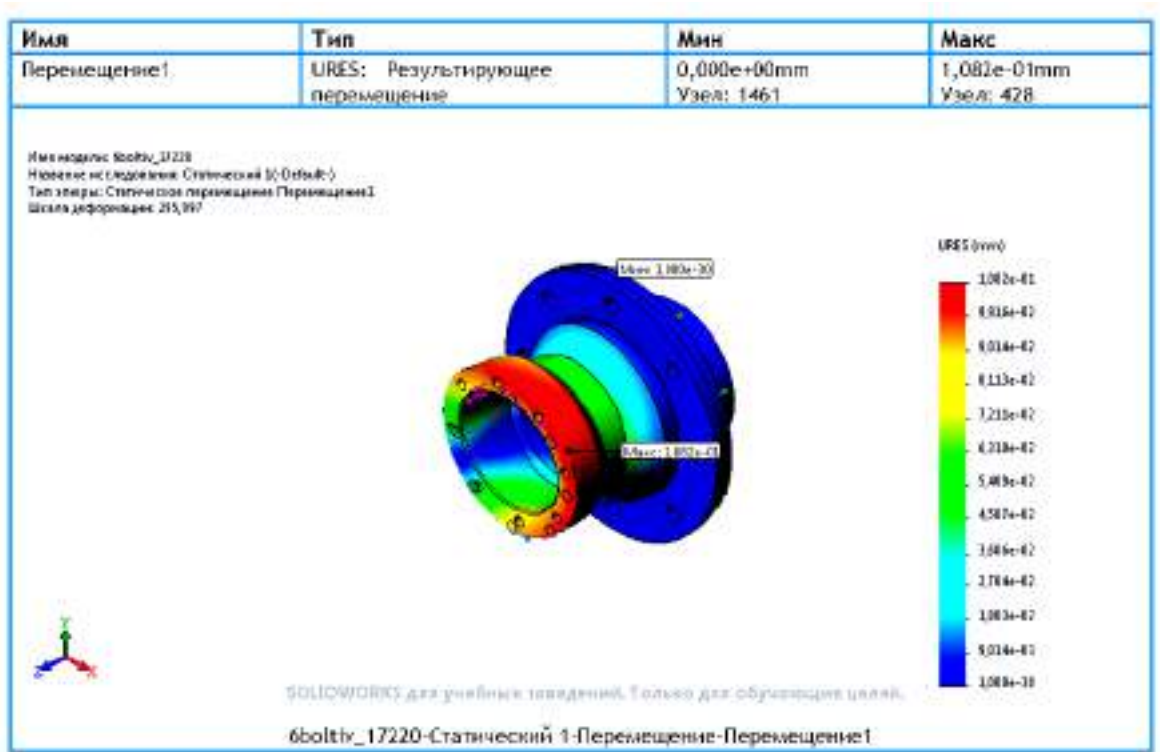


Рисунок 3.17 – Контурний графік сумарних переміщень URES моделі маточини

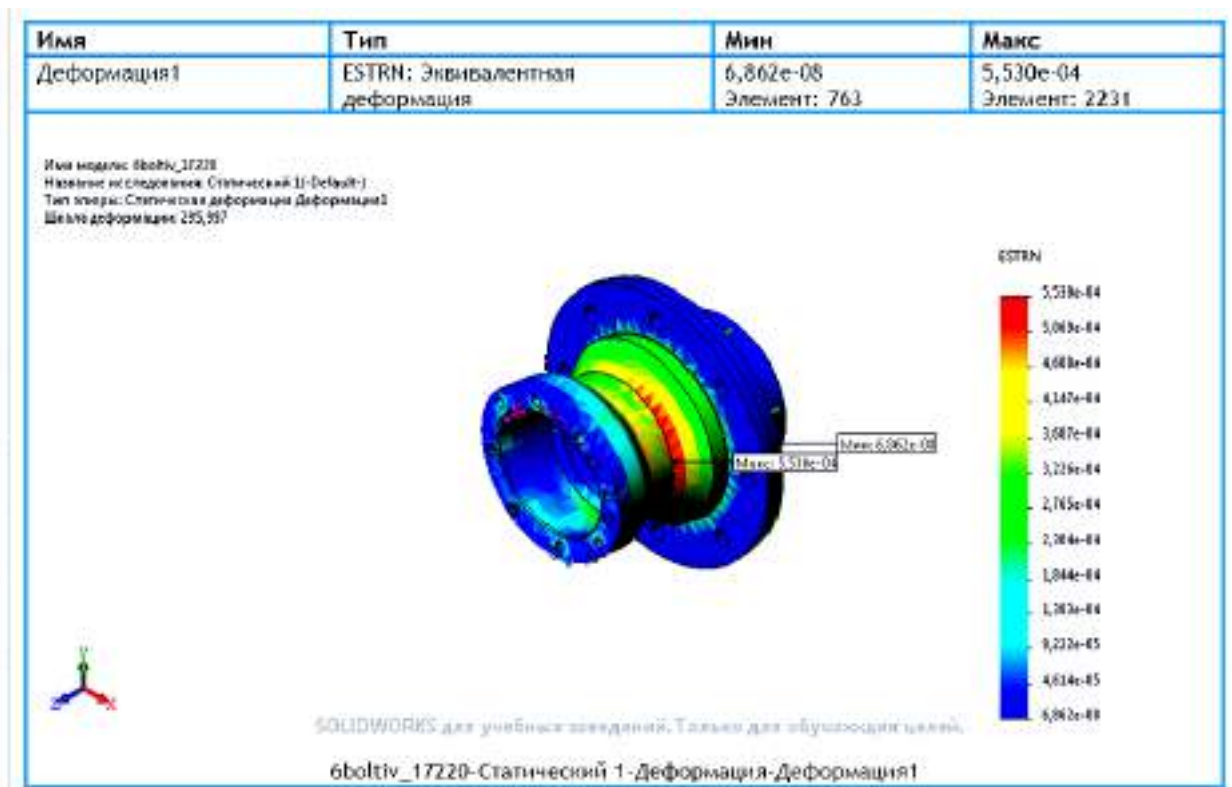


Рисунок 3.18 – Контурний графік сумарних деформацій ESTRN моделі маточини

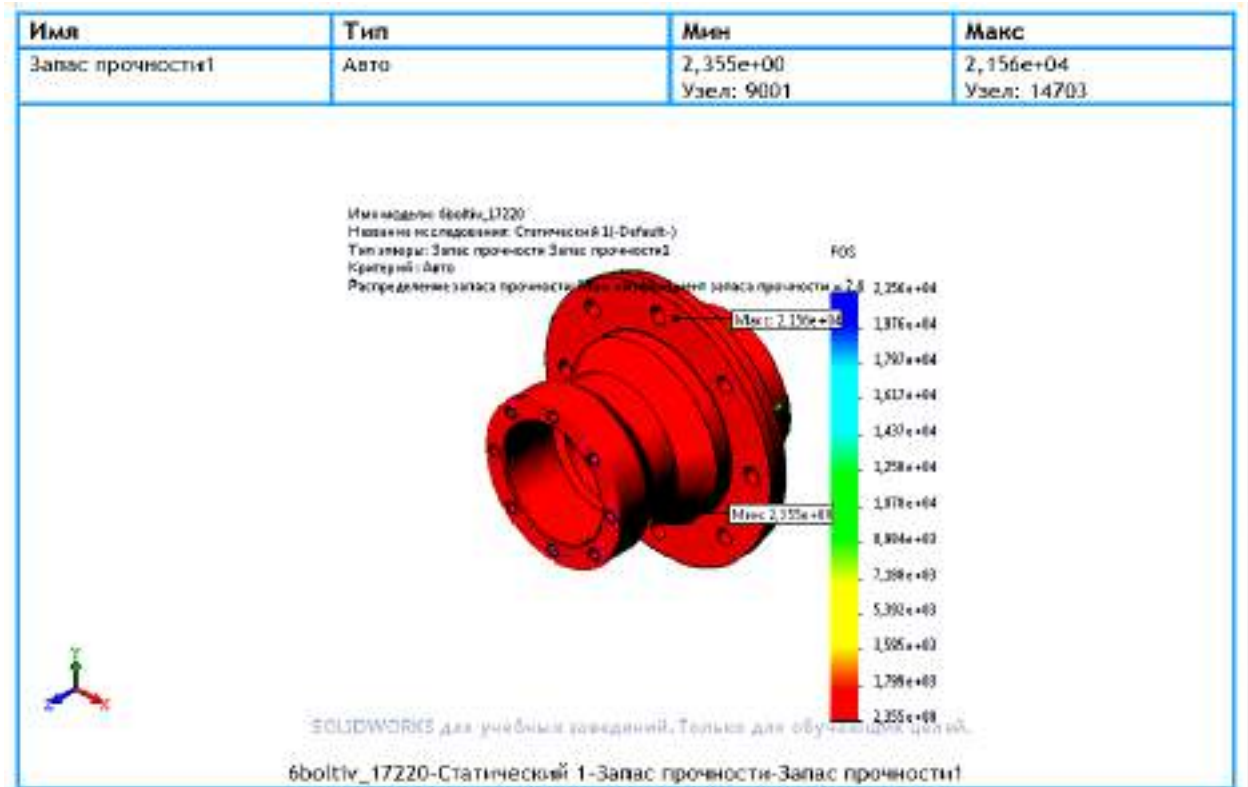


Рисунок 3.19 – Контурний графік запасу міцності FOS моделі маточини

Так як запас міцності $n = 2,355$ більше допустимого $[n] = 1,5$, то запас міцності маточини достатній.

3.4.4 Закрученні 5 болтів

Повторимо проведені розрахунки працездатності маточини у випадку, коли три болти відкрутились.

Компоненти напружено-деформованого стану (рис. 3.20 – 3.23).

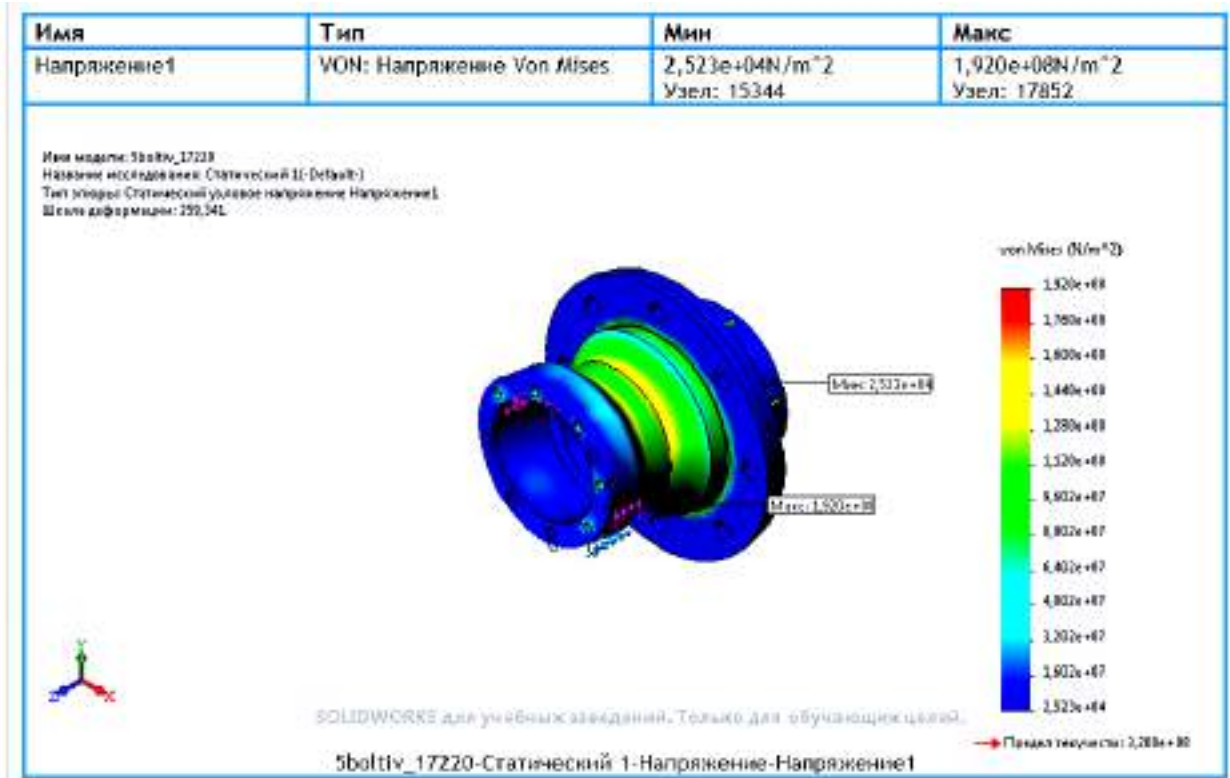


Рисунок 3.20 – Контурный графік сумарних напружень von Mises моделі маточини

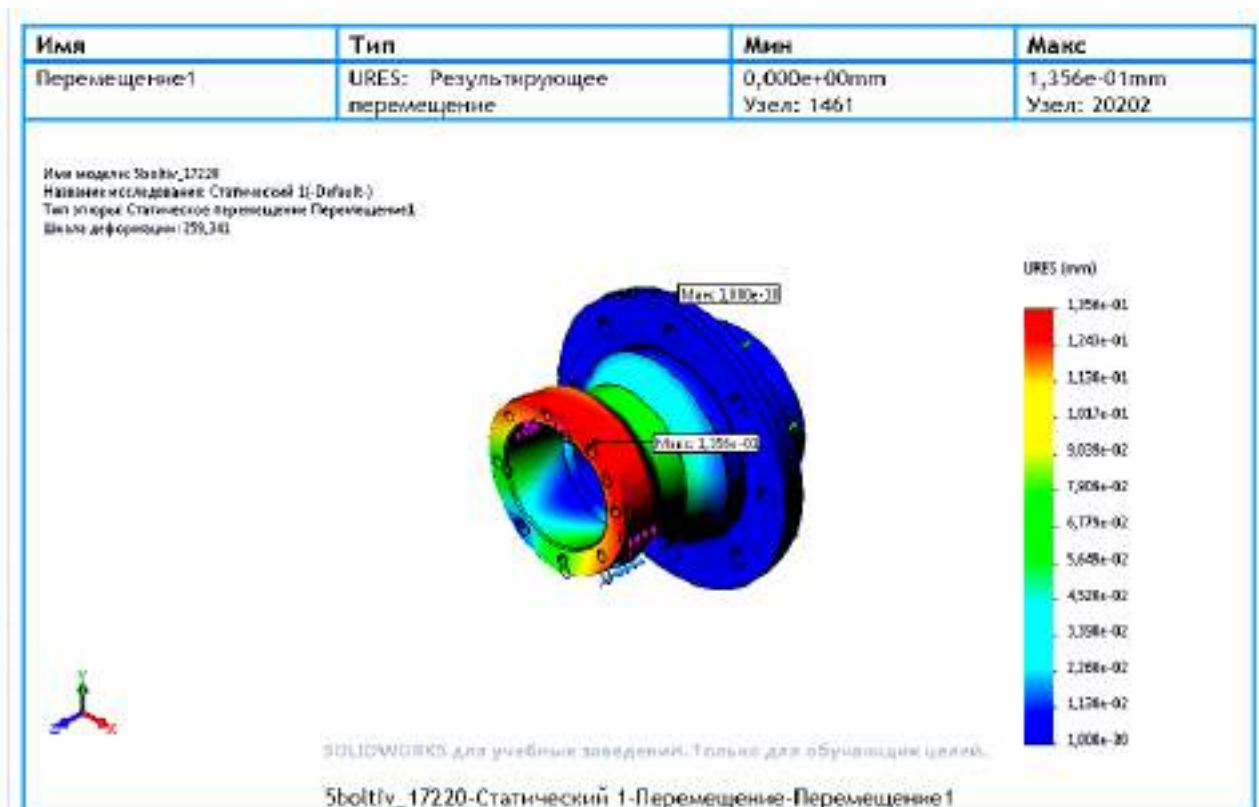


Рисунок 3.21 – Контурний графік сумарних переміщень URES моделі маточини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

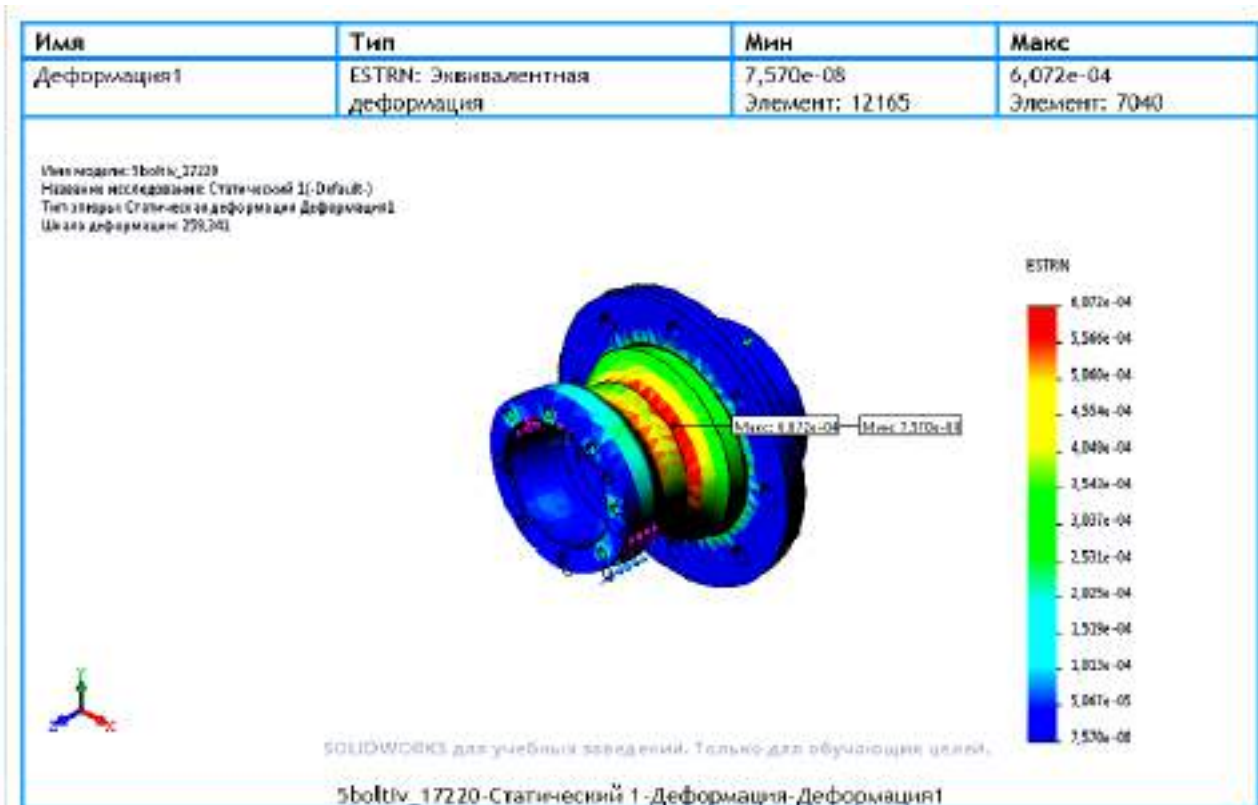
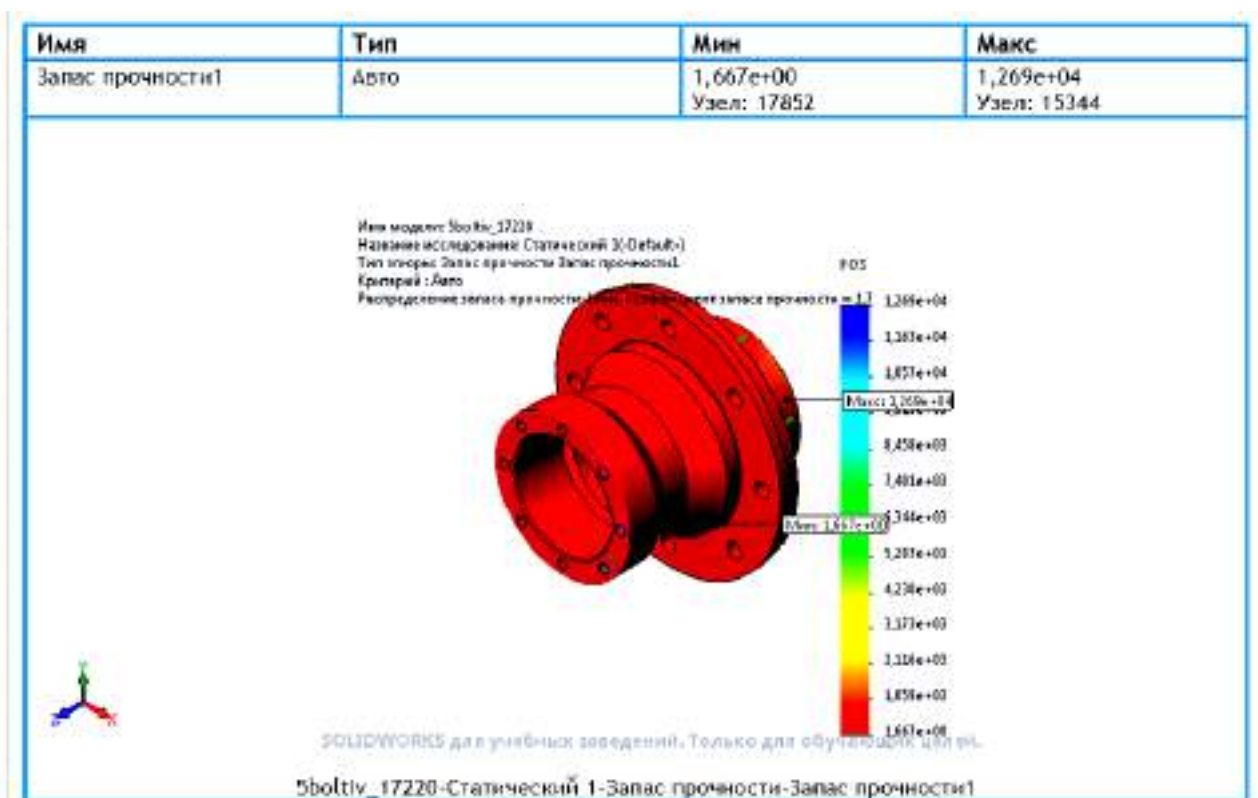


Рисунок 3.22 – Контурный графік сумарних деформацій ESTRN моделі маточини



Так як запас міцності $n = 1,667$ більше допустимого $[n] = 1,5$, то запас міцності маточини достатній.

3.4.5 Закручені 4 болти

Повторимо проведені розрахунки працездатності маточини у випадку, коли чотири болти відкрутились, а навантаження сприймають тільки залишені – закручені (рис. 3.24).

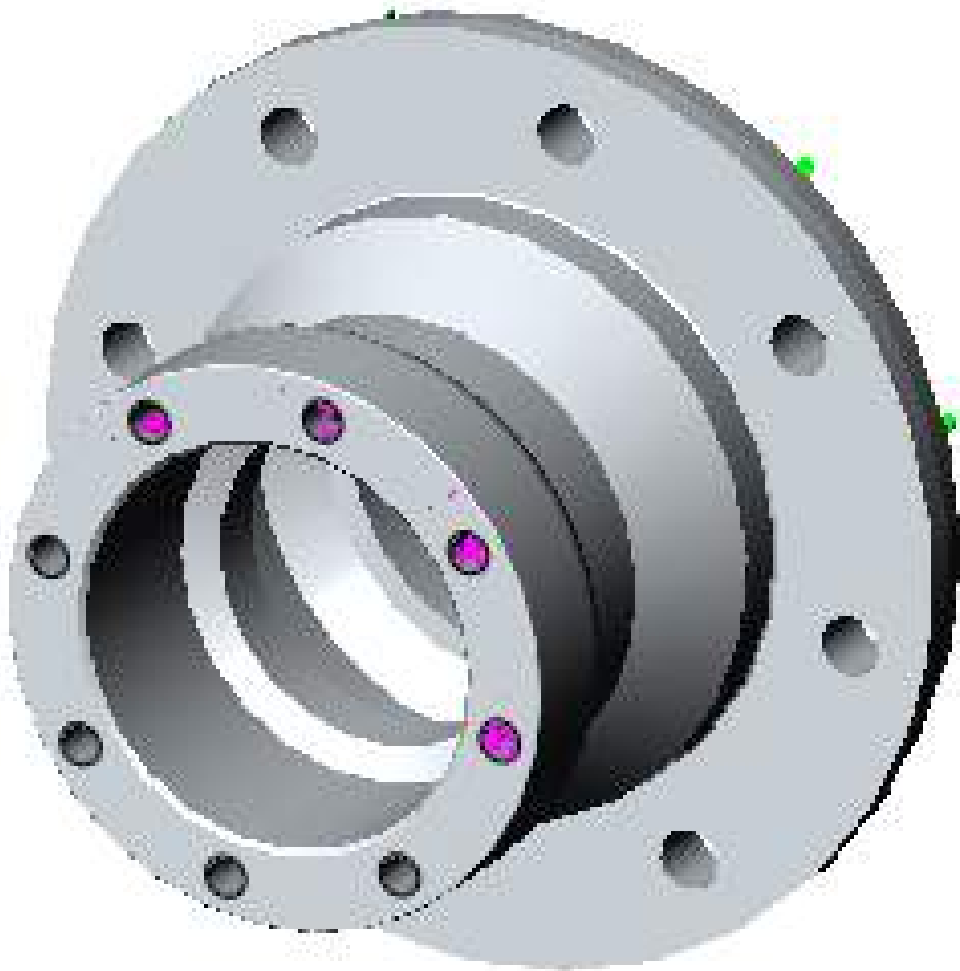


Рисунок 3.24 – Закріплення моделі маточини

Компоненти напружено-деформованого стану (рис. 3.25-3.28).

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

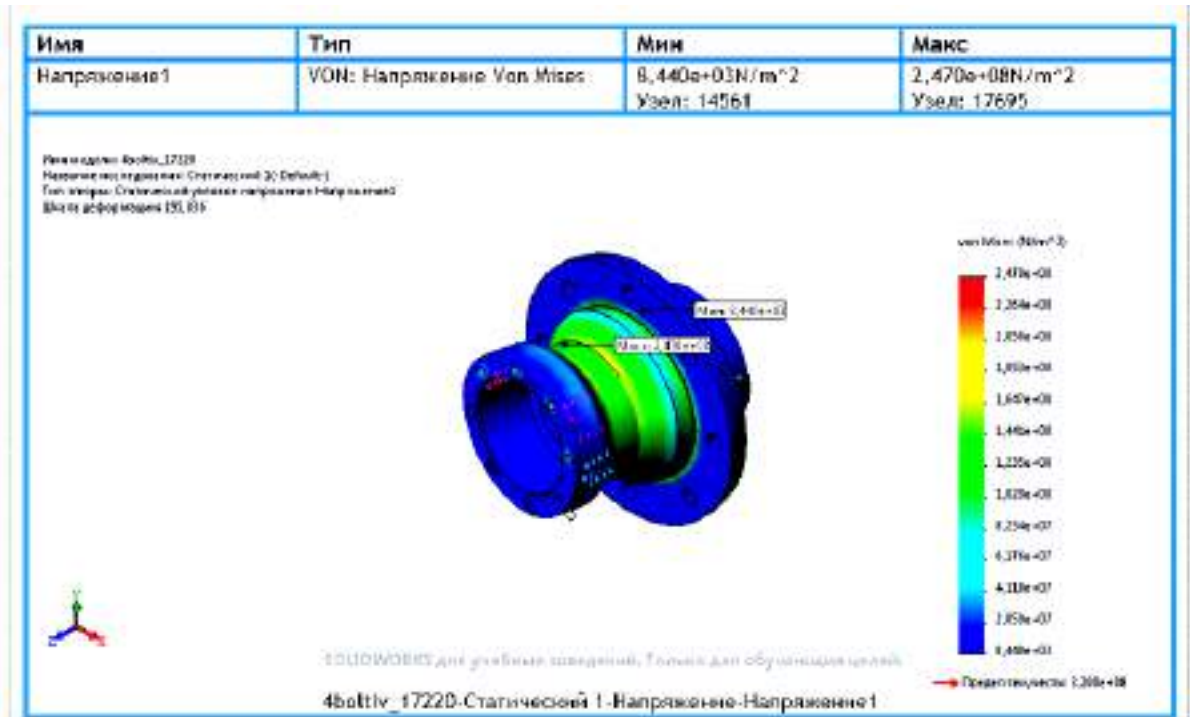


Рисунок 3.25 – Контурный графік сумарних напружень von Mises моделі маточини

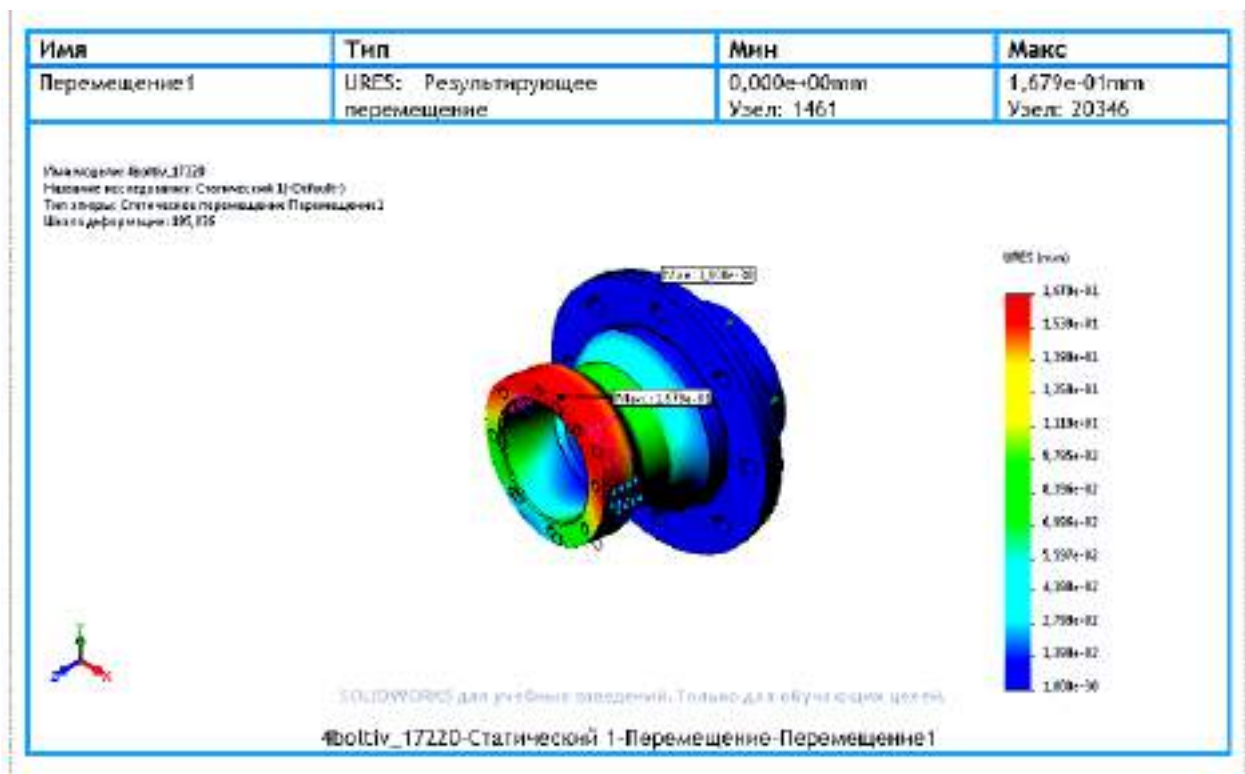


Рисунок 3.26 – Контурний графік сумарних переміщень URES моделі маточини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

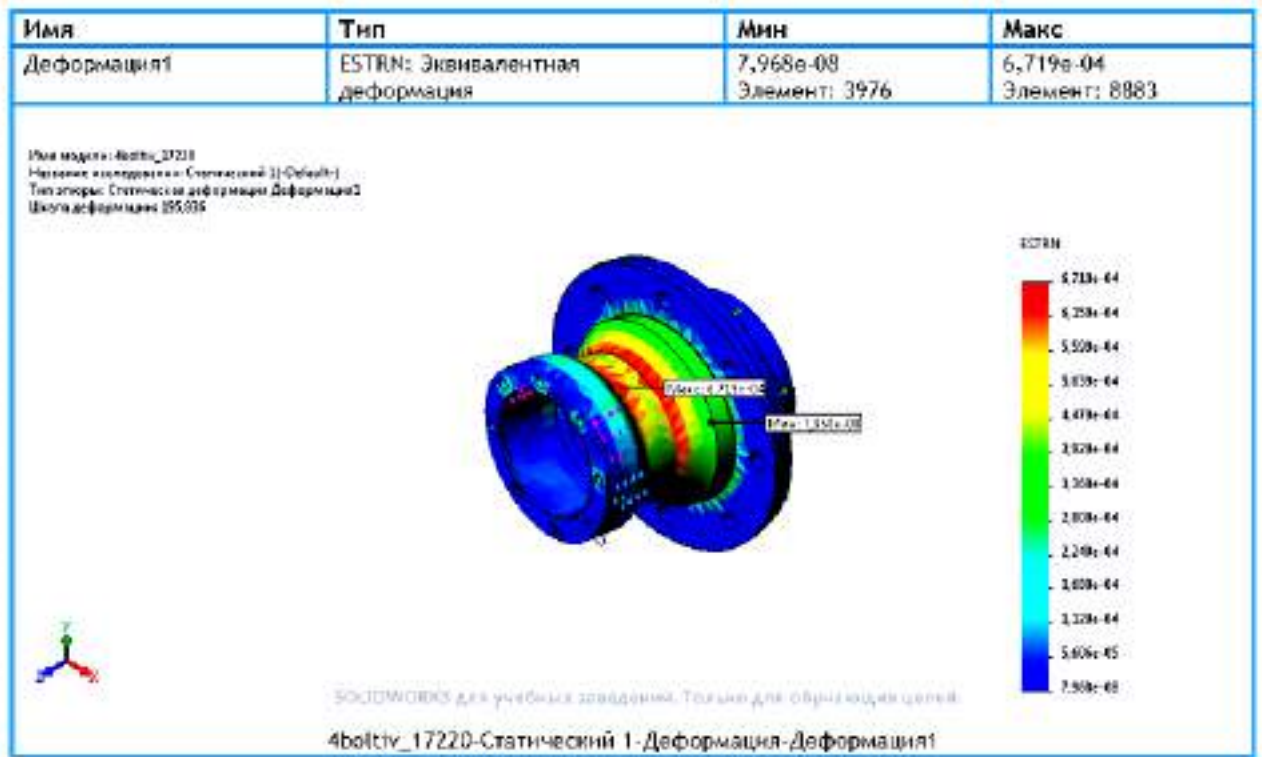


Рисунок 3.27 – Контурный графік сумарних деформацій ESTRN моделі маточини

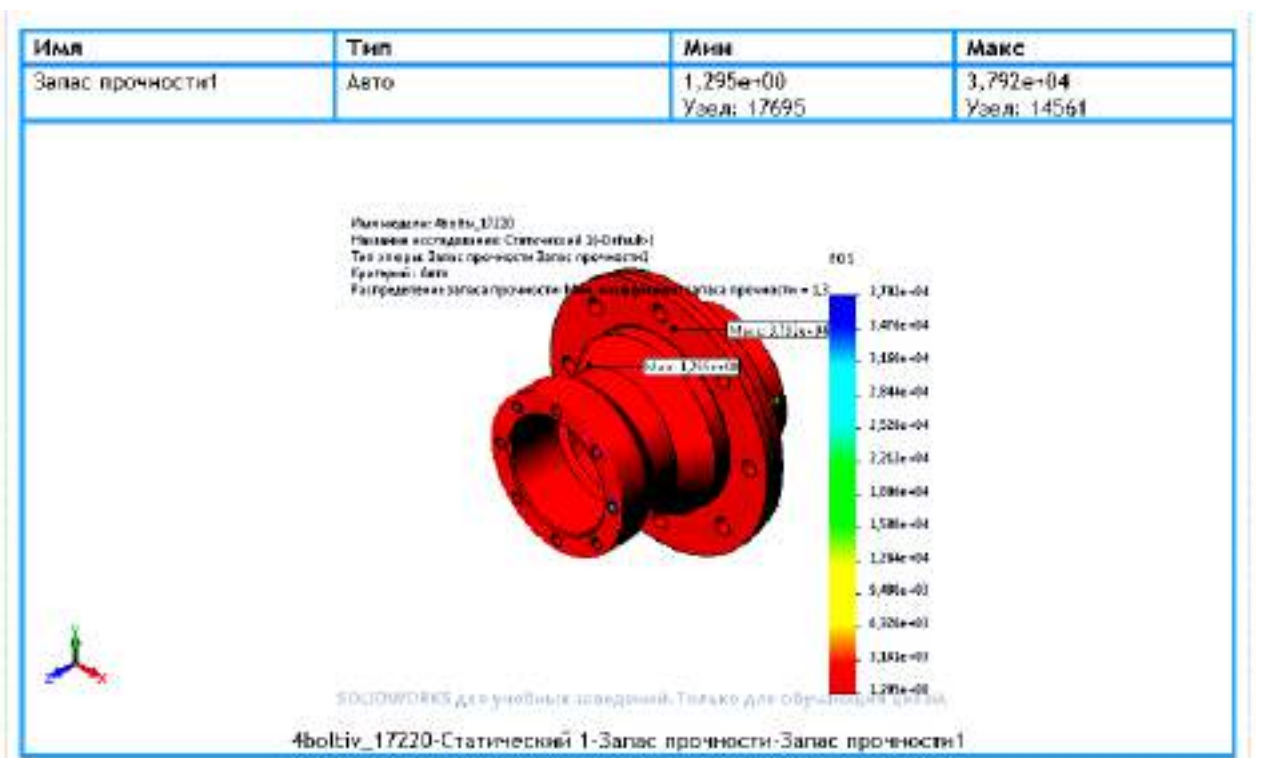


Рисунок 3.28 – Контурний графік запасу міцності FOS моделі маточини

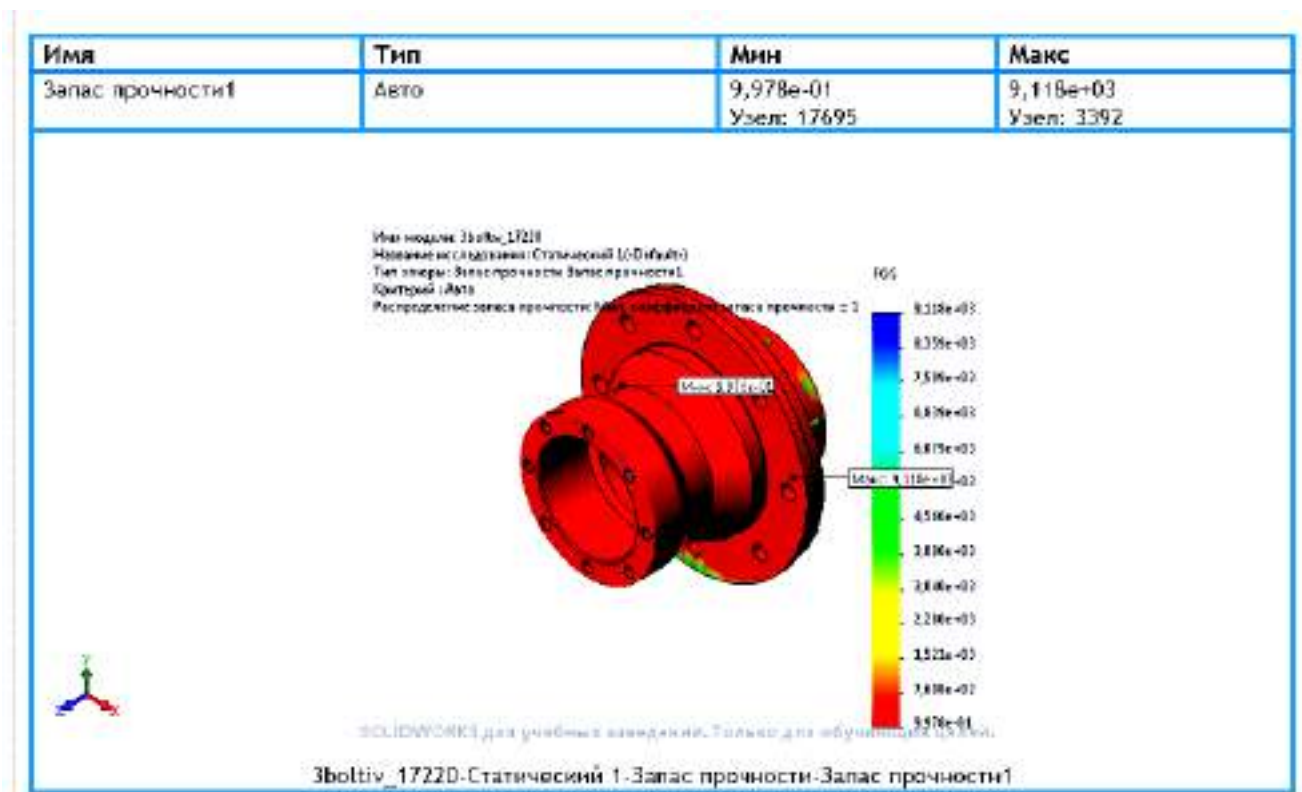
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Так як запас міцності $n = 1,295$ менше допустимого $[n] = 1,5$, то запас міцності маточини недостатній.

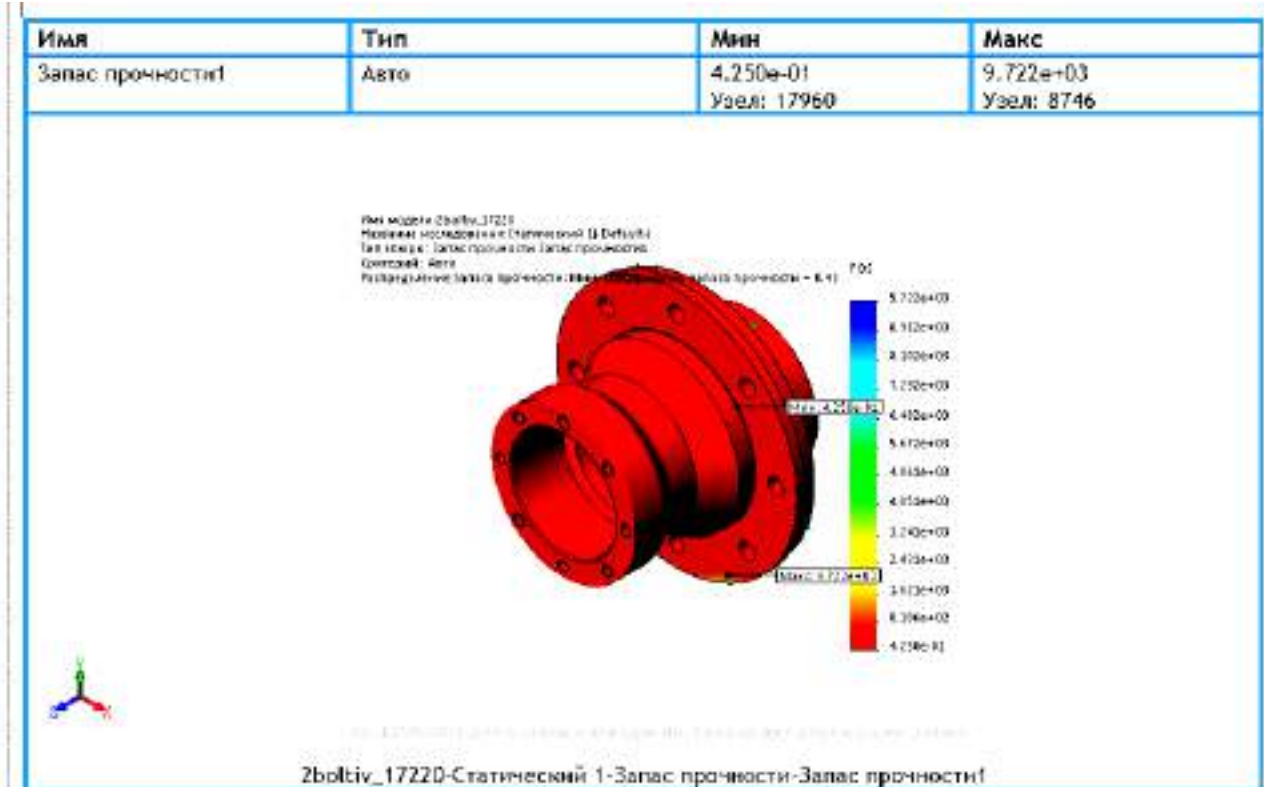
3.4.6 Закрученні 3, 2, 1 болт

Повторимо проведені розрахунки працездатності маточини у випадку, коли 5 і більше болтів відкрутились (заради завершеності експерименту).

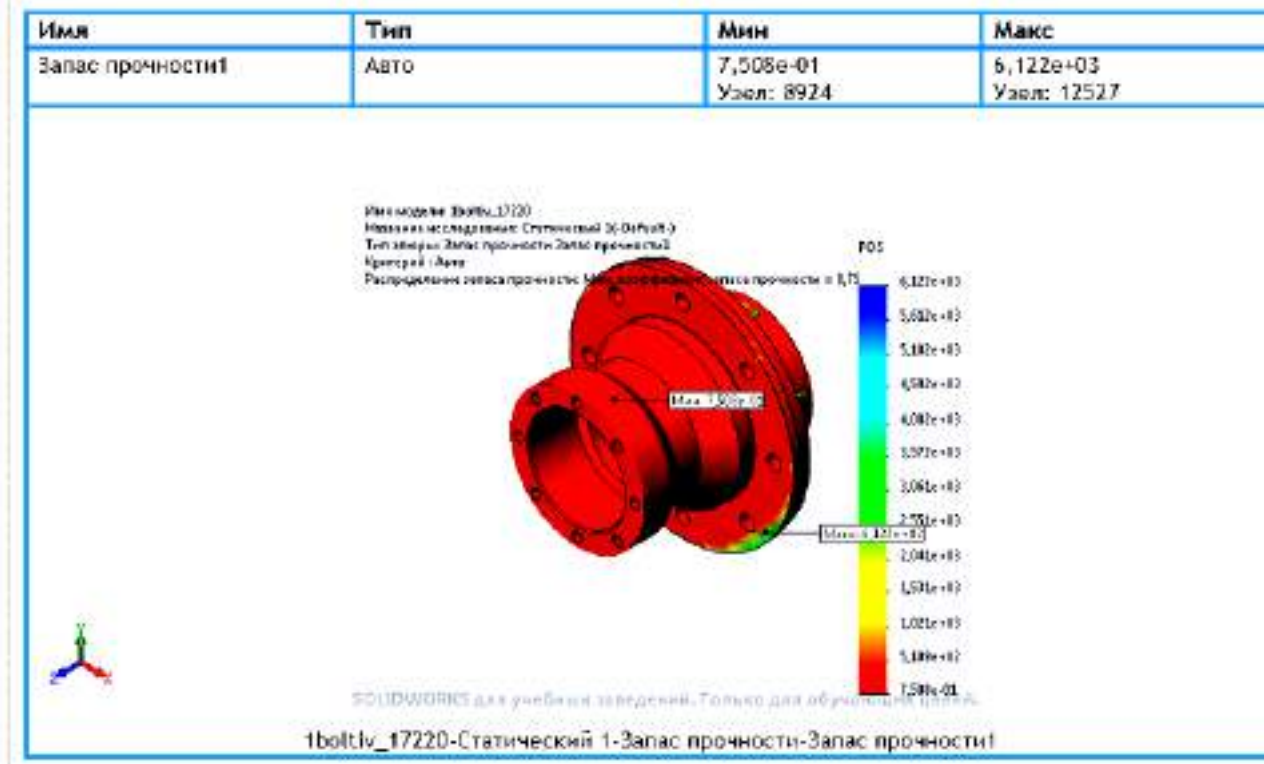
Компоненти напружено-деформованого стану – тільки коефіцієнти запасу міцності – (рис. 3.29).



а



б



в

Рисунок 3.12 – Контурні графіки запасу міцності FOS моделі маточини:
а – закручені 3 болти; б – закручені 2 болти; в – закручений 1 болт

Узагальнюючі результати проведеного експерименту зведемо у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Залежність коефіцієнту запасу міцності маточини від кількості болтів, які з'єднують її з гальмівним барабаном

Кількість болтів, які з'єднують маточину з гальмівним барабаном							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,7508	0,8500	0,9978	1,2950	1,6670	2,3550	2,7650	3,1270

Згідно табл. 3.1, при допустимому мінімальному коефіцієнті запасу міцності $[n_{min}] = 1,5$ тільки 5 і більше закручених болтів на задньому колесі автомобіля ЗИЛ-431410 гарантують безпеку його руху.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розробка технологічного процесу відновлення маточини

У процесі експлуатації внаслідок ряду неминучих причин (знос, втомне руйнування, деформація та ін.) працездатність деталей і вузлів автомобіля періодично порушується, тому виникає об'єктивна потреба в її відновленні.

Відновлення деталей дозволяє використовувати їх збережену споживчу вартість у вигляді залишкової довговічності деталей. Відновлення деталей економічно обґрунтоване: близько чверті деталей ремонтного фонду зношена в допустимих межах, а близько половини можуть бути використані після відновлення при витратах (15-30) % від ціни нових деталей. Відновлення деталей зберігає значну кількість матеріалів, енергії, праці, є більше екологічним з точки зору дії на природу і людину [23].

Відновлення деталей – основне джерело ефективності ремонтного виробництва та його основа. По ряду найменувань найважливіших найбільш металоємних і дорогих деталей (блоки двигунів, колінчастих валів, картерів коробок передач) вторинне споживання відновлених деталей значно більше, чим споживання нових запасних частин.

Собівартість відновлення для більшості відновлюваних деталей не перевищує 75% вартості нових, а витрата матеріалів в 15-20 разів нижча, ніж на їх виготовлення. Висока економічна ефективність підприємств, що спеціалізуються на відновленні автомобільних деталей, забезпечує ним конкурентоспроможність в умовах ринкового виробництва.

Високоякісне відновлення працездатності деталей автомобіля матиме місце при використанні оптимальних методів і засобів виробництва.

4.1 Характеристика умов роботи деталі та перелік можливих дефектів

Маточина заднього колеса є обертовою деталлю підвіски, на яку кріплять колеса і гальмівні барабани. Вона забезпечує установку колеса на мосту і дає можливість колесу обертатися. Маточина змонтована на мосту за допомогою

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конічних роликів підшипників. На маточині встановлюються спарені колеса і гальмівний барабан.

Деталь є порожнистим циліндром з посадочними поверхнями під два конічні роликові підшипники, з отворами під болти кріплення колеса, різьбою під гвинти кріплення гальмівного барабана і різьбою під захисний ковпак. Маточину збирають з гальмівним барабаном, а в гнізда маточини запресовують зовнішні кільця підшипників.

Робочі поверхні деталі мають твердість не більше 150 НВ (табл. 2.4).

Маточина заднього колеса має складну конструктивну форму і працює в складних умовах: під час експлуатації сприймає ударні навантаження і схильна до вібрації, внаслідок чого відбувається зношування отвору під зовнішнє кільце зовнішнього підшипника, а також зношування отвору під зовнішнє кільце внутрішнього підшипника. Також відбувається зношування отворів під болти кріплення коліс, різьби під гвинти кріплення гальмівного барабана і різьби під захисний ковпак.

У результаті надмірних ударних навантажень, які перевершують межу міцності матеріалу, на маточині можуть утворюватися тріщини.

У процесі експлуатації автомобіля в його деталях, у тому числі і в маточині, виникають різні дефекти. До дефектів, характерних для маточини колеса, відносяться:

– зміна розмірів робочих поверхонь маточини, які відбуваються в результаті зношування деталі.

– механічні ушкодження, які виникають при дії на деталь у процесі експлуатації навантажень, що перевищують допустимі, а також внаслідок втоми матеріалу (тріщини).

Таким чином, основні дефекти маточини заднього колеса:

1. Облом або тріщини.
2. Знос отвору під зовнішнє кільце зовнішнього підшипника.
3. Знос отвору під зовнішнє кільце внутрішнього підшипника.
4. Знос отворів під болти кріплення колеса.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Ушкодження або знос різьби під гвинти кріплення гальмівного барабана.

6. Ушкодження або знос різьби під захисний ковпак.

4.2 ТУ на дефектацію та способи визначення дефектів

При дефектації та сортуванні деталей керуються ТУ, які містяться в керівництві по капітальному ремонту автомобіля.

ТУ на дефектацію і способи визначення дефектів маточини задньої колеса представлені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Карта дефектації маточини заднього колеса

Найменування дефектів	Спосіб встановлення дефекту і вимірювальні інструменти	Розмір, мм		Висновок і можливі способи відновлення
		По робочому кресленню	Допустимий без ремонту	
Облом або тріщини	Огляд Лупа складна ЛП-1	–	–	Бракувати
Знос отвору під кільце внутрішнього підшипника	Калібр-пробка НЕ 71,99 ДСТУ 2015-84 або нутромір НІ 50- 100-1 ДСТУ 868- 82	135 ⁻⁰⁵¹	134,99	Наплавлення вібродугове. Наплавлення в середовищі захисного газу. Залізнення. Постановка ДРД.
Знос отвору під кільце зовнішнього підшипника	Калібр-пробка НЕ 61,99 ДСТУ 2015-84 або нутромір НІ 50- 100-1 ДСТУ 868- 82	150 ⁻⁰⁵¹	150,89	Наплавлення вібродугове. Наплавлення в середовищі захисного газу. Залізнення. Постановка ДРД.

Знос отворів під болти кріплення колеса	Калібр-пробка НЕ 16,1 ДСТУ 2015-84 або нутромір. НІ 10-18-1 ДСТУ 868-82	20 ^{+0,07}	20,1	Заварити. Постановка ДРД.
Ушкодження або знос різьби під гвинти кріплення гальмівного барабана	Огляд. Калібр-пробка НЕ різбовий М8-7Н ДСТУ 18465-73	М8-5Н6Н	–	Калібрувати. Заварити при зриві або зносі різьби.
Ушкодження або знос різьби під захисний ковпак	Огляд. Калібр-пробка НЕ різбовий М64x1.5-7Н ДСТУ 18465-73	М64x1.5-5Н6Н	–	Калібрувати.

4.3 Можливі маршрути відновлення маточини

Під маршрутною розуміється технологія, складена на комплекс дефектів, а маршрутом називається послідовність виконання технологічних операцій при найкоротшому переміщенні деталі по цехах і ділянках.

При розробці маршрутів відновлення деталей слід керуватися наступними принципами:

- поєднання дефектів у кожному маршруті має бути дійсним і базуватися на результатах дослідження закономірностей появи дефектів цієї деталі;
- маршрут повинен передбачати технологічний взаємозв'язок поєднання дефектів із способами відновлення;
- кількість маршрутів відновлення має бути мінімальною;
- відновлення деталей за маршрутною технологією має бути економічно доцільним і враховувати технологічну необхідність і можливість відновлення окремих поверхонь.

Поєднання дефектів маточини заднього колеса дозволяє проводити відновлення по двох маршрутах.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маршрут №1:

1. Знос отворів під болти кріплення колеса – постановка ДРД.
2. Знос отворів під кільце внутрішнього підшипника – відновлення залізненням.
3. Знос отворів під кільце зовнішнього підшипника – відновлення залізненням.

Маршрут №2:

1. Знос отворів під болти кріплення колеса – постановка ДРД.
 2. Знос отворів під кільце внутрішнього підшипника – відновлення залізненням.
 3. Знос отворів під кільце зовнішнього підшипника – відновлення залізненням;
 4. Ушкодження або знос різьблення під гвинти кріплення гальмівного барабана – заварити.
 5. Ушкодження або знос різьби під захисний ковпак – нарізати різьбу
- Проводимо відновлення маточини по маршруту №1.

4.4 Аналіз і вибір раціонального способу відновлення маточини

Існує велике число перевірених на практиці способів відновлення деталей, які дозволяють повернути працездатність зношеним і пошкодженим деталям, але не усі з відомих способів є рівноцінними.

Щоб підвищити точність вибору технології відновлення, доцільно користуватися наступною методикою. За кресленням деталі вибираємо клас і групу, до яких відноситься деталь за конструктивно-технологічними ознаками. Маточина заднього колеса відноситься до деталей 2-го класу – порожнисті циліндри і 1 групі – маточини коліс, барабани гальм.

Для вибору конкретного способу відновлення використовують конструктивні й технологічні характеристики деталей, які враховують 8 найбільш важливих ознак:

- форму, розміри, товщину покриття;
- твердість поверхні;

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- втомну міцність матеріалу деталі;
- характер діючих навантажень.

На основі цих ознак визначають:

- можливі способи відновлення деталей;
- показники технічного рівня технології;
- показники економічної ефективності;
- показники технічного рівня деталі після відновлення.

А на основі вищенаведених ознак здійснюється вибір технології.

Серед розглянутих способів такими будуть: наплавлення вібродугове, наплавлення у середовищі захисного газу і залізнення.

Для ухвалення рішення слід розглянути переваги і недоліки кожного з можливих методів відновлення.

Основною перевагою способу вібродугового наплавлення є:

- невеликий нагрів деталі (близько 100°C);
- мала зона термічного впливу;
- можливість отримання наплавленого шару металу з необхідною твердістю без додаткової термообробки.

Недоліки:

- неоднорідність структури і твердості наплавленого матеріалу;
- можливість утворення пір і мікротріщин по межах перекриття окремих валиків; тому в покритті виникає внутрішні розтягуючі напруження, які знижують втомну міцність деталі на 30-40 %.

До недоліків способу наплавлення в середовищі газу відносять:

- втрати металу до 5-10% за рахунок підвищеного розбрикування;
- зниження втомної міцності на (10-20) %;
- знижена зносостійкість.

Залізнення дозволяє отримувати тверді зносостійкі покриття. Властивості покриття залежать від режимів залізнення. Втомна міцність деталей, відновлених залізненням, знижується. На практиці залізнення застосовують для відновлення посадочних поверхонь під підшипники.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищити продуктивність методу в (10-15) разів і поліпшити якість покриття можна застосуванням позаванного проточного залізнення. У порівнянні з хромуванням залізнення характеризується вищими техніко-економічними показниками: значно менші тривалість процесу і вартість.

Можна зробити висновок, що найбільш ефективним способом для відновлення поверхонь маточини під підшипники є залізнення, оскільки величина зносу посадочних поверхонь під підшипники невелика, а вимоги до зносостійкості, твердості і міцності з'єднання покриття з основою високі. Покриття, отримані в результаті залізнення, відповідають заданим вимогам.

Виходячи з розглянутих особливостей кожного з можливих методів відновлення, приймаємо рішення про відновлення посадочних поверхонь під підшипники залізненням.

ТП відновлення деталі складається з певного числа операцій. Під операцією розуміють закінчену частину ТП, який виконується на одному робочому місці робітниками певної спеціальності та кваліфікації.

Технологічний перехід – закінчена частина технологічної операції, яка виконується одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах та установці.

4.5 Загальні поняття гальванічної операції залізнення

Процес залізнення є осадженням металу на ремонтвану поверхню деталі у водних розчинах солей заліза. Він знайшов широке застосування при відновленні деталей зі зносом від декількох мікрометрів до 1,5 мм на сторону [24, 25].

Продуктивність процесу залізнення приблизно в 10 разів вища, ніж при хромуванні. Середня швидкість осадження металу складає (0,72-1) мкм/с, а вихід металу по струму дорівнює (80-95) %.

Залізнення можливе з водних розчинів сірчаноокислих або хлористих закисних солей. Сірчаноокислі електроліти у порівнянні з хлористими менш агресивні, ніжче за продуктивністю і за одних і тих самих умов електролізу осади відкладаються

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

крихкі, з великими внутрішніми напруженнями. Початковий матеріал сірчаноокислих електролітів дорожчий хлористих. У ремонтній практиці найбільше поширення отримали хлористі електроліти. Вибір того або іншого електроліту залежить від умов роботи деталей і виробничих можливостей підприємств.

Електроліт готують розчиненням у воді солей хлористого заліза та інших компонентів. Якщо для приготування електроліту використовується стружка з маловуглецевої сталі, то її перед застосуванням піддають знежиренню в 10-15% - вому розчині каустичної соди при температурі 80-90 °С, а потім промивають в гарячій ($t = 70-80$ °С) воді. Після цього знежирену стружку трують до насичення соляної кислоти.

Електроліти бувають гарячі та холодні. Гарячі електроліти ($t = 60-95$ °С) краще холодних, але при роботі з ними потрібні додаткова витрата енергії на підтримку високої температури електроліту, часте його коригування, додаткова вентиляція та велика обережність з боку робітників.

Холодні електроліти ($t < 50$ °С) стійкіше проти окислення. Дозволяють отримувати якісні покриття з кращими механічними властивостями. В усі холодні електроліти вводиться хлористий Mn, який уповільнює утворення дендриту і сприяє отриманню гладких покриттів великої товщини. Mn на електроді не осідає і зберігається в електроліті тривалий час.

При залізненні застосовують розчинні аноди, виготовлені з маловуглецевої сталі з вмістом C до 0,2%. При електролізі аноди розчиняються, утворюючи на поверхні нерозчинний шлам, який складається з C, S, P та інших домішок. Потрапляючи у ванну, вони забруднюють її та погіршують якість покриттів. Щоб уникнути цього, аноди необхідно поміщати в діафрагми з пористої кераміки або чохли, зшиті з кислотостійкого матеріалу (склотканина, шерсть тощо).

Залізнення проводять у сталевих ваннах, внутрішні стінки яких облицьовували кислотостійкими матеріалами (антегмитова плитка АТМ-1, емаль типу 105А, кислотостійка гума, фторопласт-3, кераміка, Р). Один з істотних недоліків процесу залізнення – велика кількість водню в осіданні (до 2,5 м³ на 1 мкг осаду). Він в

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осіданні знаходиться в різних формах і негативно впливає на механічні властивості відновлених деталей.

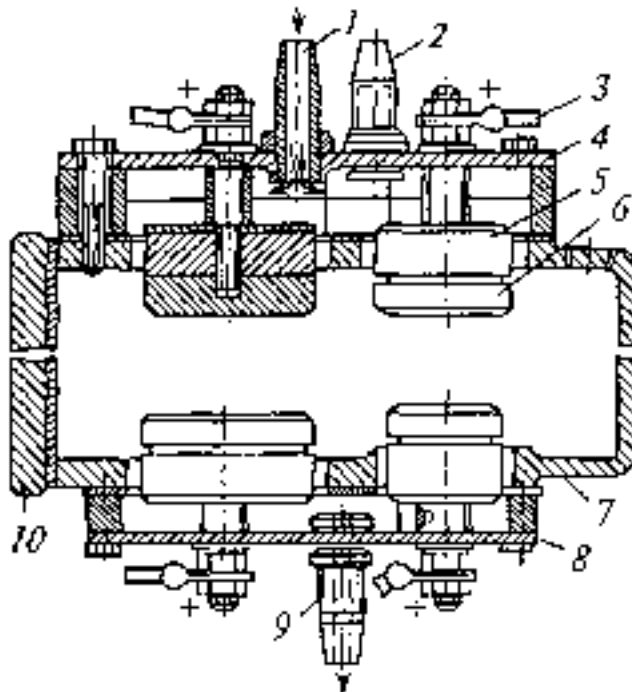
При відновленні великогабаритних деталей складної конфігурації (маточини) виникають труднощі, пов'язані з ізоляцією місць, які не підлягають покриттю (площа їх поверхні в 10-ки разів перевищує площу, що покривається), складною конфігурацією підвісних пристроїв, необхідністю мати ванни великих розмірів, швидким забрудненням електролітів тощо. Для залізнення таких деталей застосовують позаванний спосіб.

Принцип позаванного залізнення (наприклад, проточне залізнення) – в зоні нанесення покриття створення місцевої ванни (електролітичного осередку), при збереженні традиційної технології залізнення. Поверхні, які в цьому випадку не покриваються, не ізолюють, зменшується збіднення прикатодного шару електроліту і можливе збільшення щільності струму у декілька разів і, отже, підвищення продуктивності процесу.

4.6 Технологія проточного залізнення маточини

За допомогою пристосувань зношений отвір деталі перетворюється на закриту місцеву гальванічну ванну. У її центр встановлюють анод 5 (рис. 4.1) і через неї прокачують насосом електроліт. Анод і деталь нерухомі. При їх підключенні до джерела постійного струму на поверхні отвору осідає Fe. Електроліт протікає в катодно-анодному просторі зі швидкістю (15-18) см/с. Температура електроліту – (75-80) °С, катодна щільність струму – (25-30) А/дм². Осідають якісні гладкі покриття зі швидкістю 0,3 мм/год., завтовшки до 0,7 мм і твердістю (4000-4500) МПа. Зносостійкість відновлених цим способом посадочних поверхонь на (25-50)% вище за зносостійкість нових [24, 25].

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – підвідний штуцер; 2 – штуцер відведення газів; 3 – струмопровід; 4 – верхня кришка; 5 – анод; 6 – гайка; 7 – відновлювана деталь; 8 – нижня кришка; 9 – зливний штуцер; 10 – кришка-плита

Рисунок 4.1 – Схема електролітичної комірки для проточного залізнєння маточини

4.7 Розрахунок параметрів гальванічної операції залізнєння

Підбір випрямляча здійснюється залежно від застосовуваного струму:

$$I = D * F, \quad (4.1)$$

де I – сила анодного струму, А;

$D = 30$ – катодна щільність струму, А/дм²;

F – площа відновлюваної поверхні деталі, дм²:

$$F = \pi * d * L \quad (4.2)$$

де d – діаметр посадочної поверхні, мм;

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L – довжина отвору, мм.

Враховуючи, що залізненню піддаються дві поверхні:

$$d_1 = 1,35 \text{ дм,}$$

$$d_2 = 1,50 \text{ дм,}$$

$$L_1 = 0,35 \text{ дм,}$$

$$L_2 = 0,45 \text{ дм,}$$

$$F = \pi * 1,35 * 0,35 + \pi * 1,50 * 0,45 = 1,48 + 2,12 = 3,60 \text{ дм}^2.$$

Тоді

$$I = 30 * 3,60 = 108 \text{ А.}$$

Для здійснення цього ТП приймаємо 1 верстак (підготовчі роботи при гальванічній обробці), ванну для приготування розчину електроліту, ванну для приготування розчину нейтралізації, дистиллятор для коригування щільності електроліту.

Відповідно до рекомендованої послідовності вирішення питання організації робочого місця здійснюємо наступні етапи:

1) Складаємо таблиць (відомість) вживаного основного устаткування на основі результатів підбору і розрахунку кількості устаткування (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Табел ь устаткування робочого місця з відновлення маточини

Найменування устаткування	Модель, тип,	Кіл.	Габаритні розміри у плані, мм	Займана площа підлоги, м ²	
				одиниці	загальна
Ванна для приготування розчину нейтралізації	нестанд.	1	650×550	0,358	

Ванна для приготування електроліту	нестанд.	1	650×550	0,358	
Ванна для промивання в гарячій воді	нестанд.	1	650×550	0,358	
Ванна для промивання в холодній воді	нестанд.	1	650×550	0,358	
Верстак слюсарний металевий	ПИ-2	2	1550×800	2,48	4,96
Дистилятор	АДЕ-15	1	310×450	0,14	0,14
Інструментальна шафа	3004	1	950×500	0,475	0,475
Верстат вертикально-свердлувальний	2Н125	1	1130x805	0,96	0,96
Верстат внутрішньошліфувальний	3К227В	1	2500x1490	3,73	3,73
Стелаж	11	1	1200x800	0,96	0,96
Установка позаванного залізнення в проточному електроліті	1	4	2350×685	3,22	3,22
Електрична свердлувальна машина	ІЕ-1003Б	1	–	–	–

2) Розраховуємо площу ділянки для реалізації розробленого ТП відновлення:

$$F = \sum f_{\text{сум}} * K, \quad (4.3)$$

де F – розрахункова площа, м²;

$\sum f_{\text{сум}}$ – сумарна площа, займана устаткуванням, м²;

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$K = 3,0-4,5$ – коефіцієнт щільності розставлення устаткування, який враховує зону дії виконавців, проходи, проїзди.

Тому:

$$F = (0,358 \cdot 4 + 4,96 + 0,14 + 0,475 + 0,96 + 3,73 + 0,96 + 3,22) \cdot 4,5 = 106,54 \text{ м}^2.$$

Приймається $F = 108 \text{ м}^2$.

Розміри відновлювальної ділянки складають:

- довжина ділянки $L = 12000 \text{ мм}$;
- ширина ділянки $B = 9000 \text{ мм}$.

Відстань між верстатами, між верстатами та елементами будівель приймаємо відповідно до норм розміщення устаткування на виробничих ділянках.

Технологічне планування робочих місць з реалізації ТП здійснюється відповідно до маршруту виконання технологічних операцій, вживаного устаткування та оснащення, кількості устаткування по кожній операції.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ТО гальмівної системи з пневмоприводом

Технічне обслуговування гальмівної системи полягає у перевірці:

- дії й регулюванню механізмів робочого й стоянкового гальм;
- герметичності привода;
- рівня рідини в головному циліндрі й регулюванню вільного ходу педалі гальма в гідравлічному приводі;
- регулюванню натягу паса компресора, регулятора тиску, запобіжного клапана й гальмівного крана в системі пневматичного привода, видаленні з нього конденсату [5].

При ЩТО перевіряється, чи немає течі гальмівної рідини або витoku повітря з привода гальм, а на ходу автомобіля – надійність дії гальм і ступінь нагрівання гальмівних барабанів.

При ТО-1 виконуються роботи, передбачені ЩТО, крім того фільтр компресора промивається в гасі й заправляється мастилом, перевіряється:

- кріплення компресора, проміжної опори, натяжного пристрою, деталей стоянкового гальма й надійність його дії;
- й при необхідності регулюється вільний хід педалі гальма;
- рівень рідини в головному гальмівному циліндрі й при необхідності рідина доливається;
- стан і робота регулятора тиску й запобіжного клапана пневматичного приводу й при необхідності вони регулюються;
- тиск повітря в магістралі причепа або напівпричепа.

При ТО-2 додатково до перерахованих робіт знімаються гальмівні барабани, перевіряються:

- й очищаються від бруду гальмівні колодки, накладки, стяжні пружини, барабани, при необхідності замінюються накладки, стяжні пружини й регулюються зазори між гальмівними колодками й барабанами;
- шплінтування пальців гальмівних камер і величина ходу штоків при гальмуванні;

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– кріплення, герметичність і справність гальмівного крана й регулюється тиск повітря на виході з нього, при ознаках влучення повітря гідравлічний привід прокачується.

Через одне ТО-2 змащуються осі гальмівних колодок.

Справність дії гальм перевіряють за тиском повітря в балонах і герметичності системи, заміряючи величину гальмівного шляху або уповільнення при гальмуванні.

Тиск повітря в балонах не повинен бути нижче $5,5 \text{ кгс/см}^2$ (550 КПа). При непрацюючому двигуні після одного натискання на педаль тиск повітря в системі не повинен знижуватися $>$, ніж на $1,5 \text{ кгс/см}^2$ (150 КПа). Витік повітря із пневматичного привода, відчутний на слух, не допускається.

При гальмуванні на сухій дорозі із твердим покриттям (асфальт) зі швидкістю 30 км/год. гальмівний шлях повинен бути не $>$: для легкових автомобілів – 7,2 м, автомобілів вантажопідйомністю до 8 т – 9,5 м, вантажопідйомністю $> 8 \text{ т}$ – 11 м без вантажу в кузові. Гальмівний слід від правих і лівих коліс повинен бути однакової довжини. Автомобіль повинен надійно втримуватися стоянковим гальмом на підйомі або спуску з ухилом не менше 16%.

Уповільнення автомобіля при гальмуванні визначається за допомогою деселерометра мод. 1155М. Його робота заснована на принципі переміщення в ньому маятника (рухомої маси) під дією сили інерції, яка виникає при гальмуванні автомобіля (уповільненні швидкості його руху). Своїм штифтом маятник захоплює за собою стрілку приладу. Після зняття інерційних сил маятник вертається в первісне (нульове) положення, а стрілка залишається на розподілі шкали, відповідній до максимальної величини уповільнення.

Деселерометр кріплять до лобового або бічного скла автомобіля. Уповільнення заміряють при гальмуванні автомобіля, що рухається зі швидкістю 30 км/год. по сухій рівній ділянці дороги. Уповільнення при гальмуванні легкових автомобілів повинне бути не $< 5,8 \text{ м/с}^2$, вантажних автомобілів із загальною масою до 8 т – не $< 5 \text{ м/с}^2$, більше 8 т – $4,2 \text{ м/с}^2$.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характерними відмовами й несправностями гальмівної системи автомобіля є слабка або неодночасна дія гальм, погане розгальмовування або заклинювання коліс.

Причиною слабкої дії гальм може бути:

- негерметичність гальмівного привода;
- порушення регулювання привода й гальмівних механізмів;
- зношування або замаслювання гальмівних колодок і барабанів;
- недостатня кількість повітря в пневматичному приводі через несправність компресора.

Негерметичність гальмівного привода усувають підтягуванням з'єднань або заміною ушкоджених деталей.

Негерметичність у з'єднаннях визначають за величиною падіння тиску повітря при непрацюючому двигуні в системі пневматичного привода, яка не повинна перевищувати 1 кгс/см^2 (100 КПа) за 1 год. Витік повітря виявляють на слух або за допомогою мильного розчину, яким змочують можливі нещільності в з'єднаннях.

Неодночасність дії гальм може бути результатом порушення регулювання привода або гальмівних механізмів, засмічення трубопроводів або шлангів.

Залежно від характеру несправності:

- порушені регулювання відновлюють;
- трубопроводи й шланги прочищають;
- порушені з'єднання підтягують;
- поламани й зношені деталі замінюють.

На одному мосту вихід штоків гальмівних камер повинен бути однаковий. При подачі й випуску повітря з гальмівних камер штоки повинні переміщатися швидко, без заїдань. Піддомкращене й розкручене рукою колесо повинне обертатися рівномірно й вільно, а при натисканні на гальмівну педаль різко зупинятися.

При повному регулюванні потрібно:

- зблизити ексцентрики осей, повернути осі мітками одну до іншої (мітки поставлені на зовнішніх торцях, які виступають під гайками);

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– подати в гальмівну камеру стиснене повітря під тиском (1,0-1,5) кгс/см² і, повертаючи ексцентрики в ту й іншу сторону, зцентрувати колодки, забезпечуючи їх щільне прилягання до барабана.

Прилягання колодок до барабана перевіряється щупом через вікно в гальмівному барабані на відстані (20-30) мм від кінців накладок.

Щуп товщиною 0,1 мм не повинен проходити на всю ширину накладки. Після цього припинити подачу повітря в гальмівну камеру й повернути черв'як регулювального важеля так, щоб хід штока був (15-25) мм.

При повному регулюванні гайки кріплення кронштейна розтискного кулака повинні бути ослаблені й знову щільно затягнуті.

Регулювання гальм перевіряють по нагріванню барабанів при русі автомобіля. У випадку сильного нагрівання колодки потрібно трохи відвести від барабана обертанням ексцентрика (черв'яка).

Стоянкове гальмо регулюють у тому випадку, якщо в результаті збільшеного зазору між колодками й барабаном важіль гальма має великий вільний хід. Переміщення важеля при повному гальмуванні не повинне перевищувати 3/4 можливого його ходу.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Організація робочого місця для технічного забезпечення ТП

6.1 Загальні правила ТБ при виконанні гальванічної операції

- 1) не торкатися до відкритих струмопровідних клем приладів [26];
- 2) працювати тільки при включеній вентиляції;
- 3) працювати із застосуванням захисних засобів: гумових рукавичок, фартуха, діелектричних килимків, захисних окулярів;
- 4) щоб уникнути шкідливої дії пари на слизову оболонку дихальних шляхів, рекомендується перед початком роботи змастити носову порожнину маззю що складається з двох частин вазеліну та однієї частини ланоліну;
- 5) на робочому місці категорично забороняється приймати їжу і палити;
- 6) при попаданні на шкіру лужного розчину слід негайно змити його сильним струменем холодної води, а потім промитий уражене місце 1%-вим розчином оцтової кислоти; при попаданні кислотовмісного розчину – змити водою і промити 3% -ним розчином питної соди;
- 7) слід дотримуватися обережності при очищенні анодів, штанг, контактів; остерігатися порізів рук гострими краями;
- 8) категорично забороняється виконувати роботи над дзеркалом електроліту ванни.

При роботі з органічними розчинниками потрібно дотримувати наступні правила ТБ:

1) при виконанні робіт необхідно дотримувати прийняту технологію очищення деталей органічними розчинниками; не допускається застосовувати способи, які ведуть до порушення вимог безпеки праці.

2) працівники, зайняті очищенням деталей органічними розчинниками, повинні забезпечуватися засобами індивідуального захисту; приміщення, в якому робиться очищення деталей органічними розчинниками, має бути ізольоване від інших виробничих ділянок і обладнане припливно-витяжною вентиляцією, а також забезпечено засобами пожежогасіння.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) пожежонебезпечні органічні розчинники слід зберігати у встановленій кількості, погодженій з органами пожежного нагляду.

4) при очищенні необхідно застосовувати розчинники з антистатичними присадками.

5) при очищенні протиранням вручну застосовувати бавовняні матеріали, не сприяючі накопиченню статичної електрики.

6) під час очищення не допускати розливу розчинників на підлогу, а у разі розливу негайно прибрати їх.

7) не допускається користуватися електронагрівними приладами і палити на робочому місці, а також робити будь-які роботи, пов'язані з появою іскри.

8) промивати деталі у ванні необхідно тільки в гумових рукавичках.

6.2 Вимоги ТБ в аварійних ситуаціях

1) при травмуванні, отруєнні і раптовому захворюванні потерпілому має бути надана перша (долікарська) допомога і, при необхідності, організована його доставка до установи охорони здоров'я.

2) при поразці електричним струмом вжити заходи до швидкого звільнення постраждалого від дії струму.

3) при захопленні частинами машин, що обертаються, і іншим устаткуванням частин тіла або одягу подати сигнал про припинення роботи і по можливості вжити заходи до зупинки машини (устаткування). Не слід намагатися самостійно звільнитися від захоплення, якщо є можливість притягнути оточення.

4) при виникненні пожежі:

- припинити роботу;
- відключити електроустаткування;
- повідомити безпосереднього або вищестоячого керівника про пожежу і викликати пожежну охорону;
- вжити по можливості заходи по евакуації людей і приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3 Вимоги ТБ після закінчення робіт

1. Відключити електроустаткування від мережі.
2. Привести в порядок робоче місце, скласти інструменти і пристосування в інструментальний ящик.
3. Перед здаванням зміни перевірити справність устаткування, занести результати перевірки в журнал прийому і здавання зміни, повідомити майстра про несправності.
4. Зняти спецодяг та інші засоби індивідуального захисту і повісити в спеціально призначене місце.
5. Вимити руки і особу теплою водою з милом і прийняти душ.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Розглянуто призначення й технічна характеристика гальмівної системи автомобіля ЗИЛ-431410, її несправності та ремонт. Проаналізовані призначення, причини та ознаки поломок маточин коліс (заміна або варіанти ремонтних робіт).

Проведений вибір матеріалу маточини – сталь 30 (замінники та іноземні аналоги, характеристики й призначення, хімічний склад, температура критичних точок, термообробка, механічні та технологічні властивості).

За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану маточини заднього колеса ЗИЛ-431410 з відображенням контурних графіків сумарних напружень von Mises, переміщень URES, деформацій ESTRN і запасу міцності FOS. Встановлено, що тільки 5 і більше закручених болтів на маточині заднього колеса автомобіля ЗИЛ-431410 гарантує безпеку його руху.

Розроблений ТП відновлення маточини (охарактеризовані умови роботи деталі та перелік можливих дефектів, наведені ТУ на їх дефектацію та способи визначення, встановлені можливі маршрути відновлення маточини з аналізом і вибором раціонального способу – проточне залізнення). Розроблена карта дефектації маточини з вибором мірального інструменту та устаткування, розрахована площа ділянки для реалізації розробленого ТП відновлення.

Наведені загальні поняття гальванічної операції з розробкою технології проточного залізнення і розрахунком відповідних параметрів (швидкість протікання електроліту $V = 16$ см/с; температура електроліту $t = 80^{\circ}\text{C}$; катодна щільність струму $\rho = 25-30$ А/дм²; швидкість осідання покриття $\lambda = 0,3$ мм/год.; сила анодного струму $I = 108$ А).

Розглянуте ТО гальмівної системи з пневмоприводом, наведені загальні правила ТБ при виконанні гальванічної операції.

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Левкович М.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі. Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт» / М. Г. Левкович, Ю. І. Пиндус, В. О. Тесля, П. В. Босюк. – Тернопіль, 2016. – 241 с.
2. ЗИЛ-431410 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ЗИЛ-130>
3. Будова гальмівної системи автомобіля ЗИЛ-431410 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7012338/page/4/>
4. Що таке маточина і як вона працює? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auto.ria.com/uk/terms/stupica/>
5. Що таке маточини і для чого потрібні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.avtotachki.com/chto-takoe-stupiczy-i-dlya-chego-nuzhny/>
6. Маточина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://etlib.ru/wiki/stupitsa-49>
7. Маточини колісні передні та задні, які бувають [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://allforcar.in.ua/?action=news_preview&id=78
8. Маточина колеса — як вона влаштована і для чого служить [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://autopark.pp.ua/5746-matochina-kolesa-yak-vona-vashtovana-dlya-chogo-sluzhit-pro-avto.html>
9. Маточина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Маточина>
10. Сталь 30 конструкційна вуглецева якісна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://enginiger.ru/materials/uglerodistye-stali/stal-30/>
11. Сталь марки 30 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/30
12. Маркувальник сталі та сплавів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=85

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Характеристики сталі 30 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metal.place/ru/wiki/30/>
14. Чому відкручуються колеса? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://rezina.biz.ua/faq/pochemu-otkruchivayutsya-kolesa>
15. Чому можуть відкрутитись колеса автомобіля? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://remont-diskov.ru/inf-otvalilis-kolesa/>
16. Особливості та технічні характеристики автомобіля ЗИЛ-431410 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://specnavigator.ru/gruzoviki/zil-431410.html>
17. Трансмісія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.autoopt.ru/auto/encyclopedia/truck/zil/mark/zil-130/>
18. Козяр М.М. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навчальний посібник / М.М. Козяр, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. – Херсон: Олді-Плюс, 2018. – 252 с.
19. Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: навчально-методичний посібник з виконання практичних робіт / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 152 с.
20. Камишацький О.Ф. Моделювання технологічних процесів. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / О.Ф. Камишацький, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 48 с.
21. Ворощук В.Я. SolidWorks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. – 164 с.
22. Легостаєв А. Д. Метод скінченних елементів: Конспект лекцій / А. Д. Легостаєв. – К.: КНУБА, 2004. – 112 с.
23. Чабанний В.Я. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.
24. Залізнення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Железнение>

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Залізнення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9078089/page:58/>

26. Техніка безпеки при ремонті деталей різними способами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://budtehnika.pp.ua/241-tehnka-bezpeki-pri-remont-detaley-rznimi-sposobami.html>

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Наукові праці

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міністерство освіти і науки України,
Хмельницький національний університет (Україна)
Люблінська Політехніка (Польща)
Університет Вітовта Великого (м. Каунас, Литва)



ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

**Міжнародна науково-практична конференція
здобувачів вищої освіти і молодих учених**

**«СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРІЇ,
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТРАНСПОРТУ»**

*Присвячується 60-річчю
Хмельницького національного університету*

**11-12 жовтня 2022 року
м. Хмельницький**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ

Арк.

84

УДК 629.113

О. І. Потеряєв, Д. І. Євчун, А. В. Рудик, О. Ю. Рудик

Хмельницький національний університет,

Barton Peveril College, Chestnut Ave, Eastleigh, SO50 5ZA, England

**ПРОЕКТУВАННЯ ПІДНІМАЧА ДЛЯ РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ
ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS
DESIGNING AN AUTOMOTIVE REPAIR LIFT USING
SOLIDWORKS**

Анотація: мета дослідження – оцінити вплив якості сітки SolidWorks Simulation на точність розрахунків на прикладі дослідження кронштейна двостійкового піднімача військової техніки. Аналіз проводиться за допомогою програмного модуля SolidWorks Simulation, який входить до інтегрованого комплексу автоматизації підприємства SolidWorks.

Abstract: the purpose of the study is to evaluate the influence of the quality of the SolidWorks Simulation grid on the accuracy of calculations on the example of a study of the arm of a two-post lifter of military equipment. The analysis was carried out using the SolidWorks Simulation software module, which is part of the integrated automation complex of the SolidWorks enterprise.

У роботі [1] розглянута двостійкова версія піднімача (рис. 1), який кріпиться до основи анкерними болтами. Але при цьому на підлозі, крім стояків, нічого немає. Саме з цієї причини піднімач може здійснювати підхоплення на мінімальній висоті від підлоги, тобто ремонтувати автомобілі з маленьким кліренсом, що є його безсумнівною перевагою.

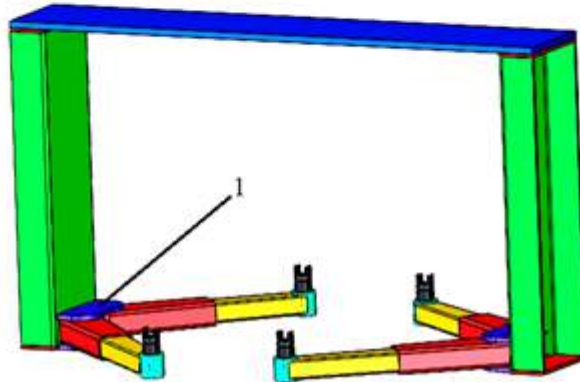


Рис. 1 – 3D-модель електрогідралічного піднімача

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Однак, під час роботи піднімача є ризик зсуву автомобіля: якщо на піднімачі знаходиться автомобіль з великими розмірами або вагою, зсув відбувається убік дисбалансу.

Ризик падіння автомобіля з піднімача обумовлений неправильним його розміщенням на дискових підкладках, які встановлюються на лапи, або неправильним розміщенням дискових підкладок відносно піднімача. Тому автори [1] передбачили такий розвиток подій і провели розрахунки найбільш навантаженої деталі піднімача – кронштейна (рис. 1, поз. 1), до якого кріпляться важелі з лапами. Для цього використали віртуальне середовище для моделювання на основі SolidWorks Simulation [2, 3].

У публікації [1] була застосована стандартна сітка SE (активізується алгоритм розробки сітки Voronoi-Delaunay для наступних операцій її створення – рис. 1, а, 2, а), бо на ранніх стадіях аналізу можуть підійти приблизні результати і дозволено задати більший розмір елемента для швидшого розв'язку. При цьому визначений розрахунками запас міцності склав $n = 5,001$ (рис. 3, а)

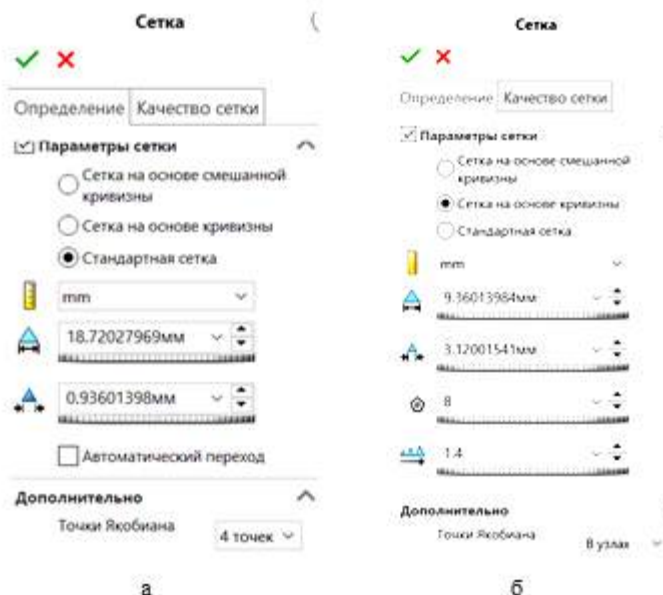


Рисунок 1 – Параметри сітки: а – 4 точки Якобіана, щільність середня; б – “у вузлах”, щільність висока

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

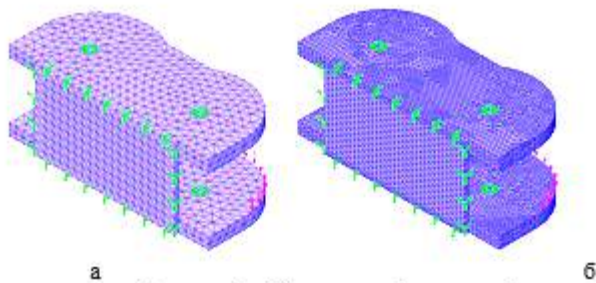


Рисунок 2 – Сітка моделі кронштейна:
а – 4 точки Якобіана, б – параметр “у вузлах”

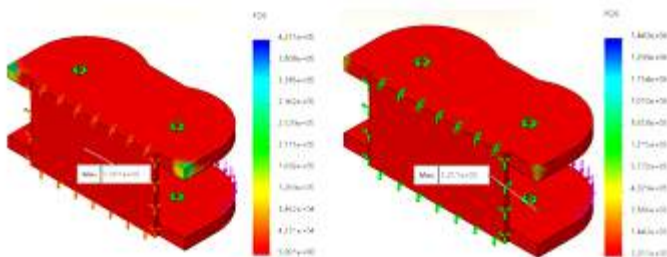


Рисунок 3 – Запас міцності кронштейна:
а – 4 точки Якобіана, б – параметр “у вузлах”

Але, з однієї сторони, при побудові сітки необхідне збільшення числа скінченних елементів у місцях великої кривизни й істотна зміна геометричних характеристик спряжених елементів конструкцій. З іншої сторони, при великій кількості скінченних елементів (надлишковому числі елементів сітки) можлива поява похибок обчислення.

Таким чином, створювана сітка залежить від активних параметрів й характеристик керування нею, глобальних розмірів елемента й допуску [4, 5]. При цьому можуть виникати похибки, пов'язані зі щільністю сітки, так як її якість відіграє ключову роль у точності результатів.

Крім цього, для розв'язку статичних задач рекомендується встановити для Якобіанової перевірки параметр “у вузлах”, а для отримання достовірних результатів потрібно активізувати алгоритм створення сітки “на основі кривизни” [4, 5]. Хоча при цьому збільшується тривалість розрахунків, та вони повинні бути точнішими.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

І дійсно, при виборі параметру сітки “у вузлах” та “на основі кривизни” мінімальний запас міцності зменшився і став рівним 3,251. Але це більше допустимого $[n] = 3,0$.

Таким чином, мініальному допустимому запасу міцності кронштейна відповідає сила 27600 Н [1]. Але, так як розрахунок проводився на початку піднімання перекошеного автомобіля тільки для двох лап піднімача, то визначену силу потрібно збільшити у 2 рази. Отже, для спроектованого двостійкового піднімача з електрогідравлічним приводом максимальна вага автомобіля, яка не призведе до порушень техніки безпеки, становитиме 55200 Н (5629 кг).

Так як вага автомобілів, рекомендованих для ремонту за допомогою спроектованого піднімача (для потреб медслужби ЗСУ: УАЗ-452 «Буханка», Богдан-2251, Citroën Jumper; для перевезення людей: HMMWV M1114, Land Rover Defender) менша 5629 кг, то його можна рекомендувати для використання. Але потрібно провести аналогічні розрахунки для інших деталей.

Перелік посилань

1. Rudyk O. Yu. Computer simulation of the electrohydraulic lift with the help SolidWorks Simulation / O. Yu. Rudyk, O. V. Shepilo // The world of science and innovation. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2021. Pp. 160-167. – Access mode: <https://sci-conf.com.ua/x-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-the-world-of-science-and-innovation-5-7-maya-2021-goda-london-velikobritaniya-arhiv/>

2. Рудик О. Ю. SolidWorks як інноваційний засіб вивчення дисциплін автомобільного профілю / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // «Системні технології» 3 (128) 2020. – С. 21-35. – Режим доступу: <http://elar.khmu.km.ua/jspui/handle/123456789/8878>

3. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks Simulation для забезпечення професійної підготовки майбутніх випускників [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, А. В. Ружницький. – Режим доступу: <http://elar.khmu.km.ua/jspui/handle/123456789/8416>

4. Диха О. В. Застосування SolidWorks Simulation для підготовки фахівців автомобільного профілю / О. В. Диха, О. Ю. Рудик // Збірник тез доповідей II-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021»: Збірник тез [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ. – 2021. – С. 484-485. – Режим доступу: <http://elar.khmu.km.ua/jspui/handle/123456789/10992>

5. Rudyk O. Yu. The impact of the SolidWorks Simulation network quality on the accuracy of the calculations / O. Yu. Rudyk, V. A. Gonchar // Eurasian scientific congress. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. – Barcelona, Spain, 2020. – Pp. 185-188. – Access mode: <http://sci-conf.com.ua/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-urasian-scientific-congress-27-28-yanvarya-2020-goda-barselona-ispaniya-arhiv/>

					ДРМТВАТАМ 2219069.000 ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		