

Пояснювальна записка до дипломної роботи

магістра
Освітньо-кваліфікаційний рівень

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

на тему: **«Вибір матеріалу та способу відновлення проміжного
валу КПП вантажного автомобіля»**

Шифр МРТAM 24.23598.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм-23-1


Ініціали

В.О. Вавренюк
Ініціали, прізвище

Керівник *к.т.н., доц. каф. ТАМ*


Ініціали

О.Ю. Рудик
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедрою ТАМ *д.т.н., проф.*


Ініціали

О.В. Діха
Ініціали, прізвище

5 12 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерів, 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 ТММ

проф., д.т.н. Духа О.В.

10.10 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вавренюку Віталію Олександровичу

(Прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проєкту (роботи): Вибір матеріалу та способу відновлення проміжного валу КПП вантажного автомобіля

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

(Прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено наказом університету від 26 08 2024 р. № 28 (Д60)

2. Строк подання студентом проєкту на кафедру 09 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Матеріали практики; робоче креслення досліджуваної деталі; нормативно-технологічна документація для автомобіля ЗіЛ-431510, його КПП та проміжного валу

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

1. Загальні відомості та технічні характеристики бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510

2. Призначення, будова, функціонування, основні несправності, технічне обслуговування, ремонт КПП ЗіЛ-431510

3. Вибір матеріалу, термічної і ХТО проміжного валу КПП ЗіЛ-431510

4. Розробка технологічного процесу відновлення проміжного валу КПП ЗіЛ-431510

5. Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану проміжного валу КПП вантажного автомобіля ЗіЛ-431510 за допомогою SolidWorks Simulation

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

Графічну частину проєкту представити у вигляді презентації на слайдах (10-20) шт.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання _____ 10 жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Прізвище
1	Літературний огляд	30.09.2024	
2	Технологічний розділ	25.10.2024	
3	Дослідницький розділ	15.11.2024	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2024	
5	Оформлення презентації магістерської роботи	01.12.2024	
6	Нормоконтроль магістерської роботи	09.12.2024	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	10.12.2024	

Студент


Підпис

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

В.О. Вавренюк

Ініціали, прізвище

О.Ю. Рудик

Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 109 сторінок, кількість рисунків – 31, таблиць – 10, додатків – 3, кількість джерел згідно з переліком посилань – 47.

Об'єкт дослідження: проміжний вал коробки перемикання передач бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510

Мета роботи: вибір матеріалу, термічної і ХТО проміжного валу КПП ЗіЛ-431510; розробка технологічного процесу відновленого зношеного проміжного валу з наступним його міцнісним розрахунком у SolidWorks Simulation.

Результати та їх новизна: проведено вибір матеріалу (сталі 18ХГМ), термічної та ХТО проміжного валу КПП ЗіЛ-431510, здійснена розробка технологічного процесу його відновлення після зношування. Для досягнення високої міцності та зносостійкості проміжного валу використали нітроцементацию у шахтній печі СШЦМ-6.10/10. Після нітроцементации здійснювали гартування з низьким відпуском (електрична шахтна піч ПШО 7.10/7). Визначена структура та інші параметри поверхні нітроцементованого шару та серцевини. Зношений проміжний вал відновлювали наплавленням під флюсом. За допомогою SolidWorks Simulation проведено комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану проміжного валу.

Рекомендації щодо використання результатів роботи: застосувати для зміцнення проміжного валу КПП ЗіЛ-431510, виготовленого зі сталі 18ХГМ, розроблені технологічні процеси з нітроцементации та наступним гартуванням і низьким відпуском, а для відновлення зношеного – наплавлення під флюсом.

Перелік ключових слів: ЗІЛ-431510, КПП, ПРОМІЖНИЙ ВАЛ, НОРМАЛІЗАЦІЯ, НІТРОЦЕМЕНТАЦІЯ, ГАРТУВАННЯ, ВІДПУСК, НАПЛАВЛЕННЯМ ПІД ФЛЮСОМ, SOLIDWORKS SIMULATION.

Зміст

Анотація	7
Abstract	8
Перелік скорочень.....	9
Вступ	11
1 Загальні відомості та технічні характеристики бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510	12
2 Призначення, будова, функціонування, основні несправності, технічне обслуговування, ремонт КПП ЗіЛ-431510	15
2.1 Призначення КПП.....	15
2.2 Будова КПП	15
2.3 Функціонування КПП.....	20
2.4 Основні несправності КПП.....	20
2.5 Технічне обслуговування КПП.....	22
2.5.1 Щоденне обслуговування КПП.....	22
2.5.2 Перше технічне обслуговування КПП	22
2.5.3 Друге технічне обслуговування КПП.....	23
2.6 Ремонт КПП.....	24
2.6.1 Технологічна карта розбирання КПП.....	25

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
		Вавренюк			Вибір матеріалу та способу відновлення проміжного валу КПП вантажного автомобіля
		Рудик			
		Маковкін			ХНУ гр. МТВАм-23-1
		Диха			
					Лт. Арк. Аркуші 4 109

3 3 Вибір матеріалу, термічної і ХТО проміжного валу КПП

ЗіЛ-431510	27
3.1 Методи виготовлення проміжних валів, їх конструкції, матеріали, термічна і ХТО	27
3.2 Вибір матеріалу проміжного валу КПП	29
3.3 Технологія зміцнення проміжного валу КПП.....	31
3.3.1 Попередня термообробка (нормалізація) проміжного валу.....	31
3.2 Нітроцементация проміжного валу КПП	33
3.3 Гартування та відпуск проміжного валу КПП.....	39

4 Розробка технологічного процесу відновлення зношеного проміжного

валу КПП ЗіЛ-431510.....	41
4.1 Технічні вимоги на дефектацію зношеного проміжного валу КПП	41
4.2 Дефекти зношеного проміжного валу КПП і причини їх виникнення	42
4.3 Розрахунок розміру партії проміжних валів в умовах серійного виробництва.....	42
4.4 Вибір раціонального способу відновлення зношеного проміжного валу.....	43
4.4.1 Відновлення зношеного проміжного валу наплавленням під шаром флюсу	44
4.5 Вибір технологічних баз при відновленні зношеного проміжного валу.....	46
4.6 Технологічні схеми усунення кожного дефекту зношеного проміжного валу.....	46
4.7 Визначення проміжних припусків, допусків і розмірів зношеного проміжного валу.....	47
4.7.1 Дефект – знос шийки валу під роликовий підшипник	47
4.7.2 Дефект – знос шийки валу під кульковий підшипник.....	48
4.8 Розробка технологічного маршруту відновлення зношеного	

проміжного валу.....48

5 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану

проміжного валу КПП вантажного автомобіля ЗіЛ-431510

за допомогою **SolidWorks Simulation**52

5.1 Визначення навантажень, діючих на проміжний вал52

5.2 Побудова у SolidWorks твердотільної моделі проміжного валу.....54

5.3 Дослідження напружено-деформованого стану проміжного валу

за допомогою SolidWorks Simulation56

5.3.1 Вибір матеріалу проміжного валу58

5.3.2 Вибір кріплення проміжного валу59

5.3.3 Прикладення навантажень до проміжного валу61

5.3.4 Створення сітки скінченних елементів проміжного валу64

5.3.5 Розрахунок напружено-деформованого стану проміжного валу67

Висновки.....73

Список використаних джерел76

Додатки82

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анотація

Коробка перемикання передач (КПП) є невід'ємною частиною будь-якого автомобіля із двигуном внутрішнього згоряння, це один з найважливіших агрегатів трансмісії. Призначення КПП – передача й перетворення крутного моменту від двигуна на колеса, а також здійснення відбору потужності на приводи інших агрегатів і додаткового устаткування. Крім того, КПП дозволяє здійснити рух автомобіля заднім ходом і роз'єднати колінчастий вал двигуна від ведучих коліс на час, необхідний при роботі двигуна на стоянці або при русі накатом. При цьому двигун стабільно працює на різних швидкостях і навантаженнях, а також досягається плавне перемикання передач у процесі їзди.

Однією зі складових КПП є проміжний вал, основна функція якого полягає у передачі обертання від ведучого валу до веденого. Тобто, у випадку несправності проміжного валу автомобіль стає неприцездатним. А так як на нього чинять діють змінні за величиною та напрямом навантаження, які викривлюють вал одночасно у різних перерізах, то необхідно правильно вибрати матеріал проміжного валу та його термічну чи хіміко-термічну обробку.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The gearbox (Gearbox) is an integral part of any car with an internal combustion engine, it is one of the most important transmission units. The purpose of the gearbox is to transfer and convert torque from the engine to the wheels, as well as take power off the drives of other units and additional equipment. In addition, the gearbox allows you to reverse the car and disconnect the engine crankshaft from the drive wheels for the time required when the engine is parked or coasting. At the same time, the engine works stably at different speeds and loads, and smooth gear shifting is achieved during driving.

One of the components of the gearbox is the intermediate shaft, the main function of which is to transfer rotation from the drive shaft to the driven shaft. That is, in the event of a malfunction of the intermediate shaft, the car becomes inoperable. And since it is subjected to variables in the magnitude and direction of the load, which distort the shaft simultaneously in different sections, it is necessary to correctly choose the material of the intermediate shaft and its thermal or chemical-thermal treatment.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

АТ – автомобільний транспорт.
АТП – автотранспортне підприємство.
ПТО – періодичне технічне обслуговування.
ПР – поточний ремонт.
ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.
КМ – крутний момент.
КПП – коробка перемикачів передач.
ЩО – щоденне обслуговування.
СО – сезонне технічне обслуговування.
ТО-1 – перше технічне обслуговування.
ТО-2 – друге технічне обслуговування.
ТО – термічна обробка.
ХТО – хіміко-термічна обробка.
ТП – технологічний процес.
ТУ – технічні умови.
НВ – твердість за Брінеллем, [МПа].
НРС – твердість за Роквеллом, [МПа].
Fe – залізо.
Cr — хром.
Ni — нікель.
V – ванадій.
C – вуглець.
N₂ – азот.
W – вольфрам.
Mo — молібден.
Ti – титан.
Ni – нікель.
Al – алюміній.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Cu – мідь.

Si – кремній.

B – бор.

ЕП – електрична піч (електропіч).

NH₃ – аміак.

CH₄ – природний газ (метан).

H₂O – вода.

CO₂ – вуглекислий (вуглецевий, навуглецьований) газ (вуглекислота).

ГЦК – гранецентрована кубічна.

ОЦК – об'ємноцентрована кубічна.

МО – механічна обробка.

САПР – системи автоматизованого проєктування.

ДРД – додаткова ремонтна деталь.

s_b – межа короткочасної міцності, [МПа].

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

KCU – ударна в'язкість, [кДж/м²].

ψ – відносне звуження, [%].

НДС – напружено-деформований стан.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Коробка перемикання передач (КПП) рахується основним елементом трансмісії автівки. Основним її призначенням є зміна крутного моменту від двигуна, а також швидкості руху й напрямку руху авто. Також КПП дозволяє «від'єднувати» двигун від трансмісії під час перемикання передач. Однією зі складових КПП є проміжний вал, основна функція якого полягає у передачі обертання від ведучого валу до веденого. Тому необхідно правильно вибрати матеріал проміжного валу та його термічну чи хіміко-термічну обробку (ХТО).

Новизна роботи. Проведено вибір матеріалу (сталь 18ХГМ), термічної та ХТО проміжного валу КПП ЗіЛ-431510, здійснена розробка технологічного процесу його відновлення після зношування. Для досягнення високої міцності та зносостійкості проміжного валу використали нітроцементацию у шахтній печі для цементации СШЦМ-6.10/10. Після нітроцементации здійснювали гартування з низьким відпуском (електрична шахтна піч ПШО 7.10/7). Визначена структура та інші параметри поверхні нітроцементованого шару та серцевини. Зношений проміжний вал відновлювали наплавленням зварним сталевим дротом марки Нп-30ХГСА діаметром \varnothing 2 мм під флюсом АН-348А на автоматі А1406 (розроблений відповідний технологічний процес).

За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану проміжного валу (наведені контурні графіки сумарних напружень von Mises, переміщень URES, деформацій ESTRN і запасу міцності FOS). Встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності проміжного валу, виготовленого зі сталі 18ХГМ з наступною термічною та ХТО, більший допустимого, що гарантує його працездатність.

Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці: застосувати для зміцнення проміжного валу КПП ЗіЛ-431510, виготовленого зі сталі 18ХГМ, розроблені технологічні процеси з

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нітроцементациї та наступним гартуванням і низьким відпуском, а для відновлення зношеного – наплавлення під флюсом.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Загальні відомості та технічні характеристики бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510

У процесі експлуатації АТ його робочі властивості поступово погіршуються через зношування деталей, їх корозії й втому матеріалу, з якого вони зроблені. В АТ з'являються відмови і несправності, які усуваються при технічному обслуговуванні та ремонті.

Ремонт – це комплекс операцій з відновлення працездатності виробів. Необхідність і доцільність ремонту АТ обумовлені нерівноміцністю їх складових частин внаслідок неможливості створити рівноміцний АТ, усі складові якого рівномірно зношувалися б і мали однаковий термін служби. Тому в процесі експлуатації АТ проходить на АТП ПТО і при необхідності ПР, який полягає у заміні окремих деталей та агрегатів. Це допускає підтримку АТ в технічно справному стані.

ЗіЛ-431510 4x2 – бортовий автомобіль-тягач (рис. 1.1). Його технічні характеристики наведені у табл. 1.1 [1-4].

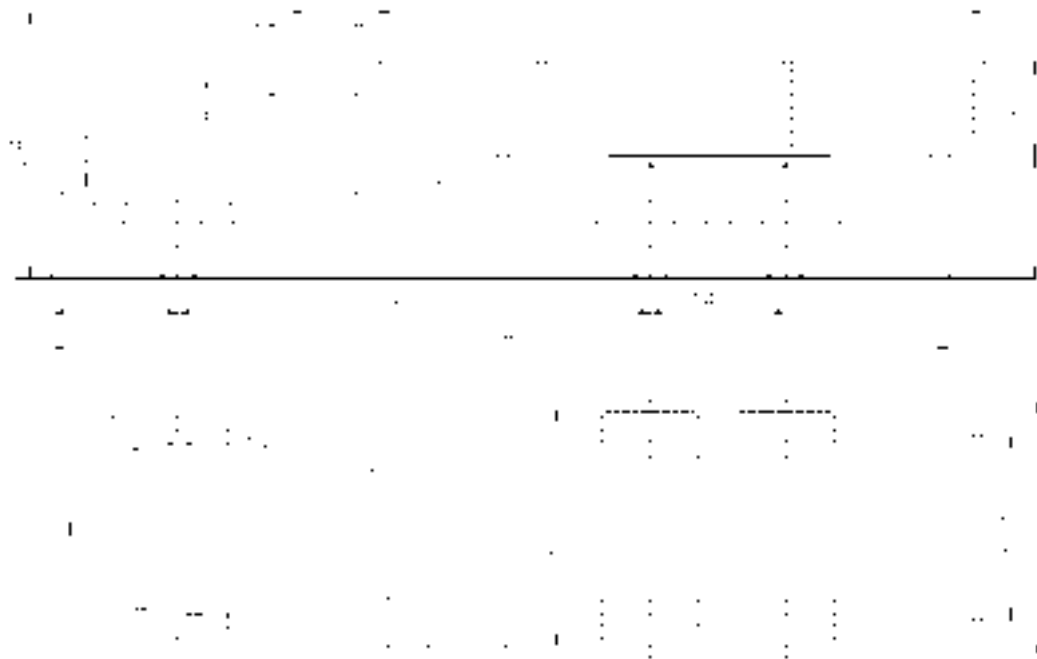


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд автомобіля-тягача ЗіЛ-431510

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики автомобіля-тягача ЗіЛ-431510

Вантажопідйомність, кг	6 000
Споряджена маса, кг	4 550
У тому числі:	
– на передню вісь	2 140
– на задню вісь	2 410
Повна маса, кг	10 775
У тому числі:	
– на передню вісь	2 845
– на задню вісь	7 930
Повна маса причепа, кг	80 000
Макс. швидкість автомобіля, км/год.	90,0
Макс. швидкість автопоїзда	80,0
Час розгону автомобіля до 60 км/год., с	37,0
Макс. подоланий підйом автомобілем, %	31,0
Макс. подоланий підйом автопоїздом, %	16,0
Вибігання автомобіля з 50 км/год, м	750
Гальмівний шлях автомобіля з 50 км/год, м	25,0
Те ж, автопоїзда	26,5
Контрольна витрата палива, л/ 100 км, автомобіля:	
– при 60 км/год.	25,8
– при 80 км/год.	32,2
Те ж, автопоїзда:	
– при 60 км/год.	33,0
– при 80 км/год.	43,0
Радіус повороту, м:	
– по зовнішньому колесу	9,50
– габаритний	10,10

2 Призначення, будова, функціонування, основні несправності, технічне обслуговування, ремонт КПП ЗіЛ-431510

2.1 Призначення КПП

КПП служить для [5-7]:

- переміни крутного моменту як по величині, так і по напрямку;
- від'єднання ДВЗ від трансмісії.

КМ змінюють внаслідок переміни умов руху. Під час рушання з місця чи русі на підйом до ведучих коліс АТ підводять більший КМ, ніж при русі по горизонтальній ділянці дороги. Зміни крутного моменту досягають зачепленням пар шестірень з різним числом зубців, а відношення числа зубців веденої шестірни до ведучої називають передавальним числом. Якщо в передачі приймали участь кілька пар шестірень, то передавальне число визначають добутком передавальних відношень кожної пари шестірень.

Щоб отримати задній хід, між ведучою і веденою шестірнями вводять проміжну для зміни напрямку обертання веденої шестірни. Роз'єднання 2-х шестірень, які приймають участь у передачі, призводить до виключення передачі та від'єднування ДВЗ від трансмісії.

2.2 Будова КПП

КПП автомобіля-тягача ЗіЛ-431510 – із синхронізатором на третій та четвертій передачах. Передавальні числа: на 1-й передачі 6,55; на 2-й 3,09; на 3-й 1,71; на 4-й 1,0; на передачі заднього ходу 7,77. КПП кріпиться до картера зчеплення за допомогою шпильок.

Головні складові КПП:

- картер у зборі з кришкою;
- 1-винний вал разом із шестірнею та підшипниками;
- проміжний вал із шестірнями та підшипниками;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2-ринний вал із шестірнями та підшипниками;
- муфта включення 3-ї та 4-ї передач;
- блок шестірень заднього ходу;
- механізм для переміни передач.

У чавунному картері 1 КПП (рис. 2.1) на передній стінці встановлюється ведучий вал 11, який виготовляється заодно з косозубчастою шестірнею і внутрішнім зубчастим вінцем 8. Ведучий вал обертається у 2-х підшипниках. Передній кінець валу опирається на кульковий підшипник, який встановлено у фланці колінвалу, а задній – на кульковий підшипник 13. У торець ведучого валу на роликовий підшипник 10 встановлений передній кінець веденого валу 9. Задній кінець валу обертається в кульковому підшипнику 32, який запресований у задню стінку картера.

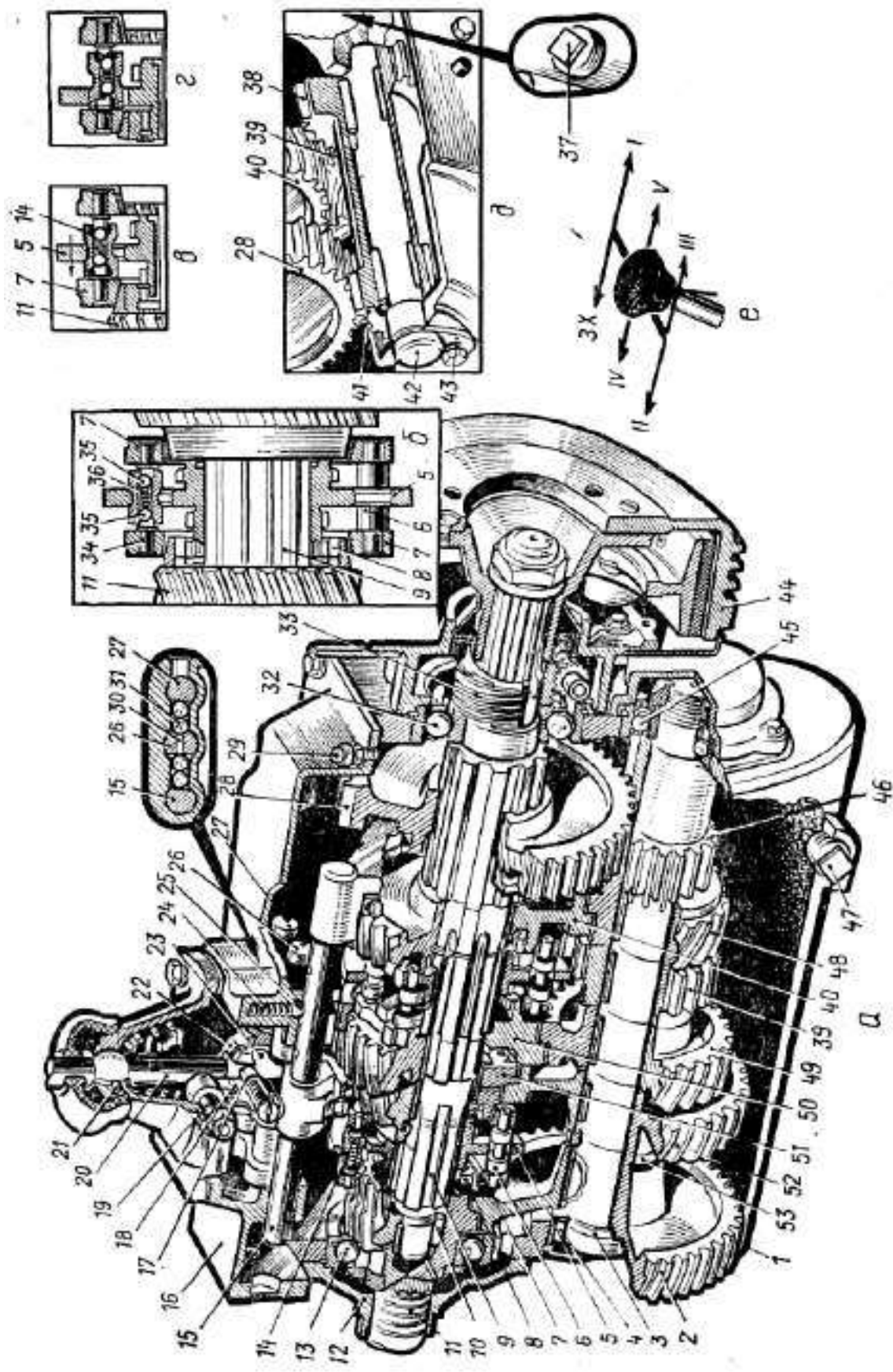
Щоб безударно включити передачі, між шестірнями 2-ї, 3-ї, 4-ї і 5-ї передач розміщені синхронізатори. На веденому валу розміщені:

- каретки синхронізаторів, які переміщуються по шліцах валу;
- косозубчасті шестірні 40, 50, 51;
- прямозубчаста шестірня 28.

У нижній частині картера на підшипниках встановлено проміжний вал 3, на якому на шпонках встановлені косозубчасті шестірні 2, 48, 49, 52 і прямозубчаста шестірня 39. Шестірня 46 1-ї передачі виготовлена заодно з валом.

Косозубі шестірні, які встановлено на веденому валу, знаходяться у зачепленні з шестірнями проміжного валу і оснащені внутрішніми зубчастими вінцями. Блок шестірень 38 і 41 заднього ходу обертається у 2-х роликових підшипниках на осі 42. Шестірня 38 блоку постійно зачіплюється з шестірнею 39 проміжного валу.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.
16

а – складена КПП; б – синхронізатор; в і г – схеми дії синхронізатора; д – шестірні, які включаються при передачі заднього ходу (передача є включеною); е – положення важеля перемикування передач;

1 – картер чавунний ; 2, 48, 49, 52 – шестірні косозубчасті проміжного валу; 3 – вал проміжний ; 4 – підшипник роликовий ; 5 – каретка синхронізатора; 6 – пальці для блокування ; 7 – кільце; 8 – зубчастий вінець внутрішній; 9 – вал ведений; 10 – підшипник роликовий; 11 – вал ведучий; 12 – кришка підшипника; 13 – підшипник кульковий; 14 – корпус фіксатора; 15, 26 і 27 – повзуни; 16 – кришка картера; 17 – запобіжник штифтовий ; 18 – важіль проміжний; 19 – вісь; 20 – важіль для перемикування передач; 21 – палець фіксуєчий ; 22 і 23 – вилки; 24 – пружина фіксатора; 25 – кулька; 28 – шестірня прямозуба; 29 – болт; 30 – штифт; 31 – кулька; 32 – підшипник кульковий; 33 – шестірня привода спідометра; 34 – палець опорний; 35 – кулька; 36 – пружина; 37 – пробка; 38 і 41 – шестірні блока; 39 – шестірня прямозуба проміжного валу; 40, 50 і 51 – косозубі шестірні веденого валу; 42 – вісь блока шестірень; 43 – пластина стопорна; 44 – барабан; 45 – підшипник кульковий; 46 – шестірня; 47 – пробка для зливання ; 53 – втулка розпірна

Рисунок 2.1 – КПП автомобіля-тягача ЗіЛ-431510

Перша передача включається при переміщенні уперед шестірні 28 до її зчеплення з шестірнею 46, задній хід — при переміщенні шестірні 28 назад до зчеплення її з шестірнею 41. КМ передається через шестірню 2, проміжний вал 3, блок шестірень 41 і 38 заднього ходу та шестірню 28 на веденому валу. 2-гу, 3-тю, 4-ту і 5-ту передачі включаються синхронізаторами.

Опорними пальцями 34 і 3-ма фіксаторами (кожний з яких має корпус 14 і 2 кульки 35 з пружиною 36) каретка 5 переднього синхронізатора з'єднана з 2-ма кільцями 7, які мають внутрішні конусні поверхні. Кільця 7 жорстко з'єднані між собою за допомогою блокуючих пальців 6 (вони проходять через отвори у каретці). Пальці та отвори мають блокуючі конусні поверхні, які утворені у пальцях виточками, а в отворах — фасками.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час включання 5-ої передачі каретка переміщається вперед, а фіксатори пересувають кільце 7 до зіткнення з поверхнею шестірні ведучого валу. Так як швидкості обертання шестірні та каретки відрізняються, то каретка відносно шестірні зміщується по колу. Блокуючі поверхні каретки заходять у виточки пальців, при цьому перешкоджають подальшому переміщенню каретки. У випадку однакових швидкостей блокуючі пальці встануть посередині отворів, таким чином будуть давати можливість переміщатися каретці по горизонтальному напрямку.

Під дією прикладених до корпусів фіксаторів з боку каретки сил фіксатори зміщуються до осі ведучого валу, звільняючи каретку. Це зміщення фіксаторів відбувається за рахунок зазорів, які існують між опорними пальцями 34 та отворами корпусів 14 фіксаторів. Зміщення фіксаторів сприяє зближенню кульок і стисканню встановлених між ними пружин 36. Каретка переміщується далі, а її зубці заходять у зачеплення з внутрішнім вінцем 8 шестірні ведучого валу 11. Так само переміщенням назад каретки 5 включається 4-та передача. Картер КПП зверху закривається кришкою 16, в якій знаходиться механізм переключення.

Зовнішній вигляд КПП автомобіля-тягача ЗіЛ-431510 наведено на рис. 2.2, а виконане креслення у Компас-3D – на рис. Б1.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд КПП автомобіля-тягача ЗіЛ-431510

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Функціонування КПП

При вмиканні 1-ї передачі верхній кінець важеля переміщується на водія і вперед, а нижній кінець важеля входить в перевідну голівку штока 1-ї передачі і зміщує його назад. Цей рух передається шестірні (через вилку), яка, переміщуючись по шліцах і валах, входить в зачеплення з шестірнею 1-ї передачі проміжного валу. КМ передається через шестірні 4 і 2 на проміжний вал і через шестірні 1-ї передачі на 2-й вал. Обидві ці пари шестірень підвищують КМ і зменшують частоту обертання 2-го валу.

На 2-ій передачі шестірню переміщають вперед, де вона своїми внутрішніми зубцями з'єднується з малим зубчастим вінцем шестірні. КМ передається через пари шестірень і маточину шестірні на 2-ринний вал.

На 3-ій передачі муфту переміщають назад, а шестірню через муфту та її маточину з'єднують зі своїм валом. КМ передається через пари шестірень на 2-ринний вал.

На 4-ій передачі муфтою з'єднують первинний і вторинний вали, а КМ передається з одного валу на інший без зміни.

На передачі заднього ходу вперед переміщається блок шестірень заднього ходу, а його передню шестірню з'єднують з шестірнею 1-ої передачі 2-ринного валу, а задню – з шестірнею передачі проміжного валу. КМ передається через шестірні на проміжний вал, через шестірню на передню шестірню блоку і від задньої шестірні блоку на шестірню 2-ринного валу (в роботі приймають участь 3 пари шестірень, 1-винний і 2-ринний вали обертаються у різні боки. Змащування поверхонь КПП здійснюють розбризуванням шестірнями мастила, яке налите в картер. У КПП заправляють 3,50 мастила.

2.4 Основні несправності КПП

Основні несправності КПП наступні [8, 9]:

– шум під час руху АТ;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- утруднене перемикання передач;
- самовільне вимикання передач;
- поломка зубів шестірень;
- підвищений шум при роботі і сильний нагрів;
- підтікання мастила.

Шум у КПП з'являється через:

- відсутність мастила у картері;
- значне спрацювання зубців шестірень і підшипників валів.

Щоб усунути несправності, перевіряють рівень мастила у картері, який повинен знаходитись біля нижньої кромки бічного заливного отвору, або біля мітки на мастиловимірному стержні. При необхідності мастило доливають з перевіркою та регулюванням вільного ходу педалі зчеплення. Якщо шум не припиняється, то КПП розбирають та замінюють зношені деталі.

Затруднене перемикання передач КПП відбувається через:

- застосування мастила підвищеної в'язкості;
- злам пружин кілець синхронізаторів;
- неповне вимикання зчеплення;
- деформацію чи заїдання сферичного шарніра важеля перемикання передач;
- заїдання штоків вилок і деформацію вилок перемикання передач.

Самочинне вимикання передач відбувається через:

- спрацювання фіксаторів або поломки їхніх пружин;
- спрацювання блокувальних кілець синхронізаторів.

Самочинне виключення передач відбувається через:

- зношення зубів шестірень та синхронізаторів;
- послаблення кріплення вилок штока;
- несправність фіксаторів.

Викрашування та зламування зубців відбувається при різкому русенні з місця навантаженого АТ, або включенні передачі з несправним зчепленням.

Підвищення шуму при роботі КПП та її нагрівання виникає через:

- недостатню кількість або малу в'язкість мастил;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- великого зношування чи руйнування підшипників;
- поломку зубців шестірень;
- неправильного регулювання зчеплення.

Підтікання мастила з картерів КПП відбувається через:

- ушкодження прокладок;
- знос сальників;
- підвищений тиск у картері.

Щоб усунути ці несправності, КПП знімають і розбирають, а зношені деталі замінюють або відновлюють.

2.5 Технічне обслуговування КПП

2.5.1 Щоденне обслуговування КПП

Несправність КПП визначають [10-13]:

- за шумом під час роботи;
- підвищеним нагріванням картера;
- самовільним виключенням або утрудненим включенням передач;
- підтіканням мастила в з'єднаннях.

При ЩО проводиться очищення зовнішньої поверхні КПП від бруду та пилу, її миття.

2.5.2 Перше технічне обслуговування КПП

Підтягуються кріплення КПП, перевіряється рівень мастила і, якщо треба, доливається мастило у картер.

При ТО-1 перевіряють:

- кріплення КПП;
- рівень мастила;
- проводиться очищення сапунів (вентиляційних трубок).

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.5.3 Друге технічне обслуговування КПП

Окрім робіт ТО-1, при ТО-2:

- підтягуються кришки підшипників веденого і проміжного валів КПП;
- перевіряється наявність люфту в карданах;
- доливається або замінюється мастило (за графіком) в картерах КПП та основної передачі.

Мастило в картерах КПП і головної передачі замінюється, поки воно ще тепле. Для цього:

- вивіщується задній міст;
- викручується спускна пробка картера;
- зливається мастило;
- очищається магніт пробки зливного отвору;
- промивається вентиляційний отвір з сапуном;
- закручується пробка;
- заливається у картер (1-2) л малов'язкого мастила;
- запускається двигун;
- включається 1-ша передач;
- дається можливість КПП працювати (1,5-2,0) хв.;
- промивальне мастило зливається;
- в картер заливається свіже трансмісійне мастило по рівень наливного отвору.

Під час контрольного огляду (перед виходом з парку) на ходу АТ перевіряють роботу КПП, при цьому звертають увагу на:

- легкість і безшумність вмикання передач;
- стуки;
- самовільне включення передач.

Під час контрольного огляду в дорозі руко перевіряють нагрів картерів КПП (нагрів вважають нормальним, коли він не викликав опік руки).

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Ремонт КПП

Картер КПП виготовляється із сірого чи спеціального чавуну з твердістю HB 170-220.

Основні дефекти картера [9, 14, 15, 46]:

- 1). Облом і тріщини.
- 2). Знос отворів під задній підшипник проміжного валу, під підшипник ведучого і веденого валу, під передній підшипник проміжного валу.
- 3). Знос переднього отвору осі блоку шестірень заднього ходу.
- 4). Знос верхньої торцевої поверхні бобишок.
- 5). Знос заднього отвору осі блоку шестірень заднього ходу.

Коли облом не торкається тіла картера, чи обламано тільки 1 вушко, то:

- ці місця наплавляються газовим зварюванням;
- тріщини заварюються електродуговим зварюванням.

Наявність інших пошкоджень деталей КПП відносять до браку.

Усунення відколів проводиться підігріванням газовим полум'ям за наступною технологією:

- картер нагрівається до $t = (210-260) \text{ }^\circ\text{C}$ протягом $\tau = (15-25)$ хв.;
- відколи картера заварюються ацетилено-кисневим полум'ям (присадний матеріал – чавунні прутки $\varnothing 6$ мм; вміст Si не $< 2,5 \%$).
- після усунення дефектів картер знову нагрівається до $t = (600-700) \text{ }^\circ\text{C}$ та охолоджується разом з піччю.

Заварку тріщин проводять електродуговим зварюванням Cu-Fe електродами ОЗЧ-6 діаметром $\varnothing 4,0$ мм з обмазкою УОНІ 13/85, яка включає Fe-порошок у кількості (20-24)% від маси Cu. Зварювання проводиться постійним струмом силою $I = (156-180)\text{A}$. Тріщина заварюється переривчастими дільницями довжиною $l = (10-15)$ мм.

Зношування отворів під підшипники усувають за допомогою позаванного залізнення гальванічним натиранням чи постановкою ДРД з буртиком

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(попередньо отвори розточуються борштангою, потім нарошуються і знову розточуються під розмір робочого креслення).

Зношування торцевих поверхонь бобишок під блок шестірень заднього ходу усувається за допомогою фрезерування (підвищення при цій операції розмірів компенсують відповідної товщини шайбами, чи епоксидними пастами марки ЕД-20).

Картер КПП після відновлення має відповідати наступним ТУ:

- овальність і конусоподібність отворів під підшипники не $> 0,015$ мм;
- непаралельність загальних осей отворів під підшипники ведучого і веденого валів відносно загальної осі під підшипники проміжного валу – не $> 0,06$ мм, на довжині $l = 400$ мм;
- непаралельність загальної осі отворів під вісь блоку шестірень заднього ходу – не $> 0,03$ мм. на довжині $l = 180$ мм.

2.6.1 Технологічний процес розбирання КПП

ТП розбирання КПП полягає у наступному:

- 1). Відкручуються з картера болти кріплення до нього верхньої кришки та знімається вона разом з прокладкою та механізмом перемикання передач.
- 2). Відкручуються з картера болти кріплення до нього кришки підшипника 1-винного валу та знімається її прокладка. Випресовується з гнізда картера підшипник разом з 1-винним валом.
- 3). Розкернюється гайка кріплення фланця 2-ринного валу, вона відкручується, знімається фланець і шайба.
- 4). Відкручується з кришки заднього підшипника 2-ринного валу штуцер і виймається з нього ведена шестірня приводу спідометра. Відкріплюється кришка від картера (вона знімається разом із сальником) і ведуча шестірня приводу спідометра.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5). Витягується з картера 2-ринний вал разом з підшипником та упорним кільцем. Знімають з валу синхронізатор, шестірню 3-ої передачі з розпірною втулкою, упорну шайбу, шестірні 1-ої та 2-ої передач.

6). З картера відкручуються болти кріплення до нього кришки заднього підшипника проміжного валу, знімається її прокладка.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Вибір матеріалу, термічної і ХТО проміжного валу КПП ЗіЛ-431510

3.1 Методи виготовлення проміжних валів, їх конструкції, матеріали, термічна і ХТО

У залежності від сфери та характеру експлуатації проміжні вали (вал-шестірні) можуть виготовляти з наступних матеріалів: Fe, чавуну, бронзи, вуглецевої сталі, спеціальних сталевих сплавів, які мають у своєму складі Cr, Ni, V [16-18]. Найвищу працездатність вал-шестірень забезпечують сталі, які є основним матеріалом для їх виготовлення. Рідше застосовують чавуни, бронзи, пластмаси.

Сталі для виготовлення вал-шестірень повинні бути термічно оброблюваними з достатньою міцністю. Виготовлення вал-шестірень з твердістю поверхонь зубів HB < 350 затребуване для середньо- і малонавантажених передач. Для виробництва таких вал-шестірень використовують вуглецеві сталі 35-50, 50Г, а також леговані сталі 40Х, 45Х, 40ХН. Термообробку сталевих заготовок проводять до нарізування зубців.

При необхідній твердості робочих поверхонь HB > 350 вал-шестірні піддають об'ємному і поверхневому гартуванню, цементації, азотуванню та ін. видам термічної і ХТО. Процеси виготовлення вал-шестірень з високою твердістю поверхонь зубів вимагають застосування легованих сталей 20Х, 40Х, 40ХН, 18ХГТ, 18ХГМ, 12ХН3А та ін.

При виборі марки сталі враховують, що працездатність вал-шестірень росте зі збільшенням твердості поверхні їх зубів, особливо за основним критерієм: контактною витривалістю. При збільшенні твердості підвищується допустиме напруження, знижуються габарит деталей і в цілому маса передачі.

У залежності від твердості поверхні вал-шестірень, сталі ділять на 2 групи [19]:

а) без зміцненого поверхневого шару з однаковою твердістю за перерізом зуба (HRC 36-46);

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) зі зміцненим поверхневим шаром (HRC 59-64) і в'язкою серцевиною (HRC 32-42).

Група а) – середньовуглецеві покращувані та нормалізовані сталі з вмістом С до 0,50%: 40, 45, 50, 40Х, 35ХМА, 35ХГСА, 45Х, 40ХН, 40ХФА та ін. Вони поступаються сталям групи б) за здатністю сприймання навантажень, але перевершують їх за технологічністю. Крім цього, вони не схильні до крихкого руйнування при сприйнятті динамічних навантажень.

Покращувані сталі застосовуються для мало- і середньонавантажених передач при відсутності жорстких вимог до їх габаритів.

Групу б) утворюють низьковуглецеві сталі (до 0,30 % С), що піддаються цементації, нітроцементації, азотуванню, і середньовуглецеві (до 0,0 5% С), які зміцнюються поверхневим гартуванням. Але ці сталі складніші у технологічному відношенні, так як вимагають нарізування зубців до термічної обробки (термічна обробка сприяє значній зміні розмірів вал-шестірень з викривленням зубців, для усунення яких необхідні додаткові операції механічної обробки – шліфування, притирання, обкочування тощо). Сталі групи б) використовуються в умовах великосерійного і масового виробництва.

Цементовані та нітроцементовані сталі забезпечують найвищу контактну витривалість, а також міцність зубів при вигинанні та опору заїданню. Вони застосовуються для деталей, у яких маса та габарити передач мають вирішальне значення. Це сталі 10, 15, 20, 15ХФ, 20Х, 12Х2Н4А, 12ХНЗА, 18ХГМ, 18ХГТ, 18ХНВА, 18Х2Н4ВА, 20ХНР, 20ХНЗА та ін. Працездатність таких вал-шестірень залежить від властивостей зміцненого шару та серцевини.

Властивості зміцненого шару визначають:

- вмістом у ньому С або С + N₂;
- наявністю у поверхневих шарах цементиту і залишкового аустеніту, а при нітроцементації – карбонітридів, які містяться у мартенситі.

Легуючі елементи (Cr, W, Mo, V, Ti та ін.) непрямо впливають на працездатність деталей, змінюючи у зміцненому шарі вміст С, утворюючи карбід чи карбонітриди Їх присутність також сприятливо позначається на інтенсивності

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

науглецювання. Некарбідоутворюючі елементи (Ni, Si, В та ін.), навпаки, понижують науглецювання:

- зменшуючи окрихчування сталі;
- підвищуючи значення її ударної в'язкості;
- знижуючи поріг холодноламкості.

Твердість поверхні цих сталей на готовому вал-шестірні складає HRC (57-63). При постійній твердості поверхні контактна витривалість підвищується при збільшенні товщини зміцненого шару і твердості серцевини. Товщина цементованого або нітроцементованого шару складає (0,1-0,16) мм товщини зуба, або (0,28m-0,007m) + 0,2 мм (але не > 2,0 мм). Твердість серцевини складає HRC (30-42) [16-20].

3.2 Вибір матеріалу проміжного валу КПП

Проміжний вал КПП розташовано під ведучим і веденим валами. Він служить, щоб передавати обертання від 1-го валу 2-му (рис. 2.1).

На 1-му валу міститься ведуча шестірня, яка приводить проміжний вал в рух. На проміжному валу розташований блок шестірень, які жорстко сполучені з валом і часто виготовляються заодно з ним.

Приймемо для виготовлення проміжного валу КПП конструкційну леговану сталь 18ХГМ (аналог – сталь 20ХМ). Її хімічні, механічні, технологічні та експлуатаційні властивості наведені у табл. 3.1-3.4 [21-25].

Розшифрування позначення сталі 18ХГМ:

- 0,18 % вуглецю;
- 1 % хрому (Х – Cr);
- 1 % марганцю (Г – Mn);
- 0,2 % молібдену (М – Mo).

Хімічний склад сталі 18ХГМ наведено у табл. 3.1.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 18ХГМ, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
0,16 – 0,21	0.17 - 0.37	0.4 – 0.7	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.9 - 1.2	0.15 - 0.25	до 0.3

Технологічні властивості сталі 18ХГМ наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технологічні властивості сталі 18ХГМ (пруток, ДСТУ 4543-71)

Флокеночутливість:	не чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості:	не схильна

Механічні властивості при T=20°C сталі 18ХГМ наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Механічні властивості при t = 20 °C сталі 18ХГМ

σ _b ,	σ _T ,	δ ₅ ,	ψ,	КСУ,
МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
780	590	12	50	880

Аналоги сталі 18ХГМ наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Перехресні посилання для сталі 18HGM (PN) та її європейського еквівалента 18CrMo4 (1.7243) (EN) – [23]

EU EN	Germany DIN, WNr	Japan JIS	France AFNOR	England BS	Italy UNI
18CrMo4 (1.7243)	18CrMo4	SCM418	18CD4 18CrMo4	708H20 708M20	18CrMo4

Spain UNE	Poland PN	Czechia CSN	Russia GOST	Inter ISO
18CrMo4	18HGM	15124	20KHM	18CrMo4

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Технологія зміцнення проміжного валу КПП

3.3.1 Попередня термообробка (нормалізація) проміжного валу

Мета попередньої ТО (підготовча ТО) – створення мікроструктури і властивостей матеріалу перед основною ТО. Вона виконується перед гартуванням, відпуском або іншими видами ТО залежно від потреб і вимог до кінцевих властивостей проміжного валу [29].

Попередня ТО зменшує внутрішні напруження в проміжному валі, які накопичуються при попередніх процесах (плавлення, кування, зварювання). Це:

- запобігає деформації або тріщинкам під час основної ТО;
- сприяє формуванню м'якшого зерна у матеріалі, що поліпшує його оброблюваність та подальшу обробку (це важливо для матеріалів, які піддають наступній механічній обробці – точінню чи фрезеруванню).

Також попередня ТО допомагає забезпечувати одноріднішу мікроструктуру та властивості матеріалу. Це досягають:

- вирівнюванням температури;
- тривалості утримання при попередній обробці;
- рівномірним охолодженням.

Таким чином, мета попередньої ТО – підготовка матеріалу для подальшої ТО:

- зміною його мікроструктури, властивостей та внутрішніх напружень;
- забезпечення однорідності;
- вилучення забруднень.

Для попередньої термічної обробки сталі 18ХГМ застосуємо нормалізацію:

- нагрівання до $t = (855-875) \text{ } ^\circ\text{C}$;
- утримання при цій t , щоб отримати однорідну дрібнозернисту структуру;
- повільне охолодження на спокійному повітрі.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей процес поліпшує механічні властивості сталі 18ХГМ (пластичність та ударну в'язкість) через формування структури, яка складається з фериту та перліту.

Для нормалізації обираємо електропіч з викотним подом СДО-8,5.16.8,5/12,5 [26] – рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – ЕП з викотним подом СДО-8,5.16.8,5/12,5

Промислова ЕП з викотним подом СДО-8,5.16.8,5/12,5 обладнана системою автоматичного регулювання температури на основі твердотільних безконтактних реле та мікропроцесорного терморегулятора. Це задає температуру, час її набору і час витримки садки при ній. Нагрівачі розміщено:

- на бічних трубках торцевої стінках камери;
- на дверях;
- у поду.

Камера печі футеровано волокнистими і мікропористими матеріалами, а основа – твердими вогнетривкими матеріалами, які витримують масу садки.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Нітроцементация проміжного валу КПП

Для підвищення твердості, зносостійкості, контактної витривалості, межі витривалості зубців вал-шестірні зі сталі 18ХГМ використовуємо нітроцементацию (процес спільного насичення поверхні N_2 і C в рідких ваннах називають ціануванням, а насичення в газоподібних середовищах — нітроцементациєю).

Нітроцементация – це процес дифузійного насичення поверхневого шару сталі одночасно C та N_2 при температурі $t = (840-860) \text{ }^\circ\text{C}$ у газовому середовищі, яке складається з CO_2 і NH_3 . N_2 прискорює дифузію C [30, 31]. Тривалість процесу $\tau = 5$ год.. Товщина нітроцементованого шару $h = 0,50$ мм. Після нітроцементациї – гартування безпосередньо в печі швидким охолодженням до $t = (800-810) \text{ }^\circ\text{C}$. Основне призначення нітроцементациї – підвищення твердості та зносостійкості.

Процес нітроцементациї також ведуть при $t = (820-860) \text{ }^\circ\text{C}$ у середовищах ендогазів (40% H_2 , 20% CO , $CH_4 + CO_2 + H_2$ до 1,5%, решта N_2) та екзогазів з добавками CH_4 та NH_3 : чим більша товщина необхідного шару зміцнення, тим менше повинен бути вміст NH_3 і CH_4 і вище температура ХТО. Для отримання шару товщиною $h = 0,2$ мм при температурі нітроцементациї $t = (800-820) \text{ }^\circ\text{C}$ в атмосферу печі додають (6-15) % NH_3 і 5 % CH_4 . Для отримання шару з $h = (0,8-1,1)$ мм температура нітроцементациї підвищується до $t = (860-880) \text{ }^\circ\text{C}$, а вміст NH_3 і CH_4 знижуються відповідно до (0,6-1,3) % і (0,5-0,8) %.

За оптимальних умов насичення структура нітроцементованого шару складається з:

- мартенситу;
- невеликої кількості рівномірно розподілених часток карбонітридів;
- і (25-30) % залишкового аустеніту, який забезпечує достатню припрацьованість.

Вміст C на поверхні складає (0,70-0,90) %, N_2 — (0,30-0,40) %. Ефективна товщина насичуваного шару не повинна перевищувати $h = 1,0$ мм, оскільки при

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більшій h у структурі шару з'являтимуться фази, які понижують межу витривалості та контактну витривалість сталі.

При підвищенні t нітроцементзації вміст N_2 у дифузійному шарі зменшується, а вміст C збільшується безперервно або до певної t , а потім зменшується (рис. 3.2). Отже, залежно від властивості середовища насичувати C тах насичення поверхневого шару сталі C досягають при різних t .

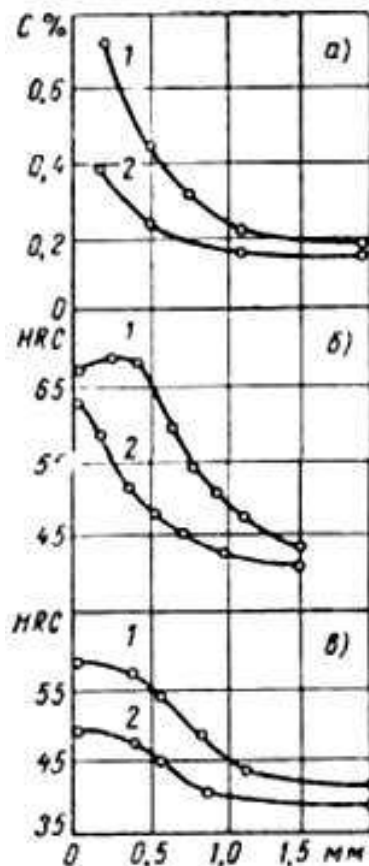
N_2 , дифундуючи у сталь разом з C , чинить істотний вплив на ступінь насичення поверхневого шару C і на глибину його дифузії (рис. 3.2). Знижуючи температурну область існування γ -Fe, N_2 сприяє інтенсивному вуглецюванню сталі 18ХГМ при нижчих t , ніж при цементзації. При надмірному насиченні сталі N_2 і утворення в поверхневому шарі карбонітридних фаз N_2 ускладнює дифузію C у сталь.

Нітроцементация має наступні переваги перед газовою цементациєю:

- нижче t процесу (850-870 °С замість 900-930 °С);
- не виділяється сажа на поверхні нітроцементованих проміжних валів, нагрівачах і стінках печі;
- вище зносостійкість проміжних валів внаслідок додаткового насичення сталі N_2 ;
- менше викривлення проміжних валів.

У муфельні печі безперервної дії CO_2 і NH_3 подають окремо. Процес протікає при $t = 850-870$ °С, а потім проміжні вали піддають безпосередньо гартуванню і низькому відпуску.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а – вміст С; б – твердість після гартування у H_2O при $t = 820 \text{ }^\circ\text{C}$;

в – твердість після гартування і відпуску при $t = 260 \text{ }^\circ\text{C}$

1 – попередньо азотованого, а потім цементованого; 2 – цементованого

Рисунок 3.2 – Зміна концентрації С і твердості по глибині дифузійного шару сталі 18ХГМ

При $850 \text{ }^\circ\text{C}$ дифузійний шар глибиною $h = (0,50-0,70)$ мм утворюється протягом $\tau = 5$ год., а глибиною $h = (0,8-1,0)$ мм протягом 9 год. Деталі підстужують до $t = (800-810) \text{ }^\circ\text{C}$ і гартують в маслі з $t = (170-190) \text{ }^\circ\text{C}$.

Відпуск проводять при $t = (160-180) \text{ }^\circ\text{C}$. Структура серцевини зуба зубчастого колеса проміжного валу після обробки при зазначеному режимі – сорбіт або троостит відпуску (HRC 35-45), твердість поверхні сталі HRC (57-60); викривлення зубчастих коліс незначне.

Швидкість утворення нітроцементованого шару (0,20-0,25) мм/год. Гартування проводять безпосередньо з печі (твердість HRC 59-62).

										Арк.
										34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 24.23598.000 ПЗ					

При нітроцементатії строго контролюють ступінь поверхневого насичення: лише при оптимальному сумарному вмісті у нітроцементованому шарі C і N_2 забезпечується отримання у сталі 18ХГМ оптимальних механічних властивостей (рис. 3.3).

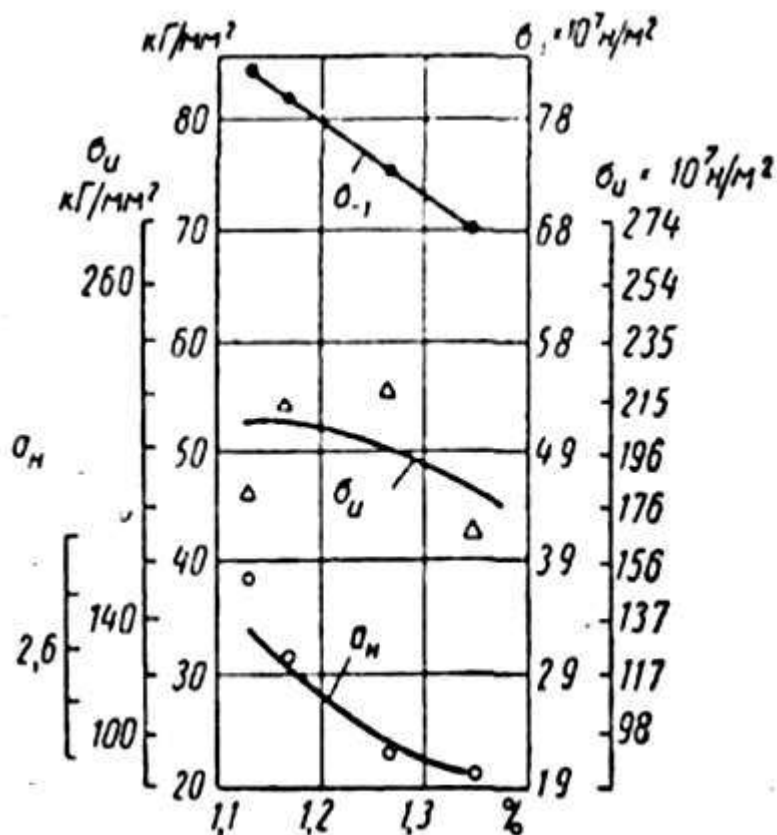


Рисунок 3.3 – Залежність меж витривалості та міцності при згинанні, а також ударної в'язкості від сумарного вмісту C і N_2 у поверхневому шарі сталі 18ХГМ, нітроцементованої на глибину (0,5-0,7) мм

При пересиченні N_2 у шарі з'являється темна складова (видима тільки на нетравлених шліфах), яка значно знижує властивості сталі. Оптимального вмісту C та N_2 у шарі неприпустимо досягати обезвуглецюванням і дозуванням у кінці процесу або при нагріванні під гартування, так як міцність при цьому буде суттєво знижуватися аналогічно тому, як це відбувається при цементатії [31].

Для ХТО проміжного валу обираємо шахтну піч для цементатії СШЦМ-6.10/10 [27] – рис. 3.4.



1 – корпус електропечі; 2 – кошики; 3 – механізм для піднімання кришки; 4 – кришка печі; 5 – пульт керування роботою печі; 6 – газовий стояк

Рисунок 3.4 – Електропеч СШЦМ-6.10/10

ЕП обладнана системою автоматичного регулювання t на основі твердотільних безконтактних реле з мікропроцесорним терморегулятором, яка задає:

- температуру;
- час виходу на режим;
- тривалість знаходження на режимі.

Пульт управління підлоговий, з кабельним шлейфом 5,0 м. У кришці печі встановлено циркуляційний вентилятор. Кришку піднімають електроприводом і відводять убік поворотним кронштейном. Тиск вимірюють вакуумметром. Печ футеровано енергозберігаючими теплоізоляційними та вогнетривкими матеріалами. Нагрівачі встановлюють у пазах бічних стінок печі. Муфель виготовлено із жароміцної сталі.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завантаження проміжних валів у муфель подають карбюратор, а відпрацьований газ скидають у верхній частині муфеля затвором і відводять в атмосферу. До і після закінчення нітроцементації муфель продувають інертним газом. Витрата карбюраторів на 1 м² цементованої поверхні проміжних валів складає (0,38-0,40) м³/год. для газоподібного і (0,10-0,12) л/год. для рідкого (гас, піробензол, синтин, уайт-спірит, триетаноламін).

У комплект поставки печі входять:

- паспорт;
- інструкції з експлуатації на електропіч і на терморегулятор;
- один запасний нагрівачий елемент;
- кошики для завантаження деталей;
- газова стійка для регулювання подачі газів;
- системи регулювання вуглецевого потенціалу.

Порядок складання печі наступний:

- кошики (поз. 2, рис. 3.4), які служать для завантаження деталей у піч, встановлюються всередину корпусу печі (поз. 1);
- механізм піднімання кришки (поз. 3) з'єднують з корпусом печі рознімними завісами, привареними до корпусу печі і до механізму піднімання кришки;
- кришку печі (поз. 4) встановлюють на корпус печі і притискають гвинтами;
- корпус печі з'єднується з механізмом піднімання кришки 3-ма тросами і 2-ма напрямними стояками.

Пультом управління (поз. 5) подають електроживлення на:

- нагрівачі, які розміщені в печі;
- електропривід механізму підйому кришки;
- привод вентилятора на кришці (для цього кабелі від пульта керування під'єднують до гнізда на механізмі піднімання кришки);
- прилади, які розміщені на газовій стойці (поз. 6);

Керування складом захисних газів у печі здійснюють датчиком та електроклапаном. Захисні гази з газового стояка трубопроводу, закріпленому на механізмі піднімання кришки, подають у піч.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Гартування та відпуск проміжного валу КПП

Головна мета гартування – отримання сталі з високою міцністю, твердістю, зносостійкістю та іншими властивостями, якими підвищується експлуатаційна надійність і довговічність оброблюваних проміжних валів. Їх гартування здійснюють з витримкою $\tau = (15-20)$ хв. при $t = (170-190)$ °С з наступним охолодженням у маслі.

Під час нагрівання до t гартування весь C розчиняється у Fe з отриманням розчину C у Fe з гранецентрованою кубічною (ГЦК) ґраткою – аустеніту. Швидке охолодження не дає часу на дифузію і призводить до утворення нової структури – мартенситу, а не суміші перліту та фериту.

Мартенсит, який утворюється у вигляді пластин з тетрагонально вигнутою ОЦК ґраткою, – це нова фаза. Твердість поверхні сталі після гартування становить (58-60) HRC. Гартована сталь є твердою, але крихкою, оскільки утворення мартенситу створює внутрішні напруження. Для зняття цих напружень застосовується процес відпуску.

Для гартування обираємо шахтну піч для цементації СШЦМ-6.10/10 [27].

Відпуск знижує внутрішні напруження у металі, підвищує його міцність і покращує в'язкість, при цьому твердість сталі дещо зменшується. Загартована сталь 18ХГМ має високу зносостійкість. Тривалість відпуску $\tau = (6-8)$ год..

Структура відпущеної сталі на поверхні складається з мартенситу відпуску та карбонітридів, а твердість становить (56-58) HRC.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для низького відпуску обираємо електричну шахтну піч ПШО 7.10/7 [28] –
рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Електрична шахтна піч ПШО 7.10/7

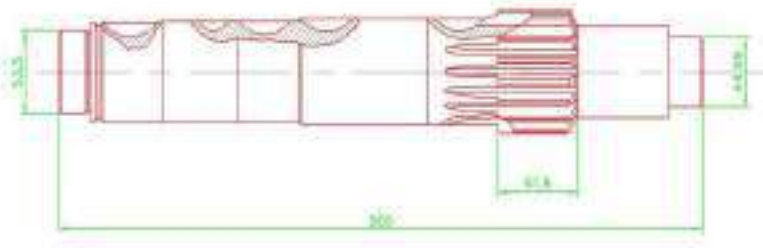
					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розробка технологічного процесу відновлення зношеного проміжного валу КПП ЗіЛ-431510

4.1 Технічні вимоги на дефектацію зношеного проміжного валу КПП

Початковий документ для розробки ТП відновлення зношеного проміжного валу – «Карта технічних вимог на дефектацію зношеного проміжного валу» (табл. 4.1). У ній знаходяться наступні дані:

Таблиця 4.1 – Карта технічних вимог на дефектацію зношеного проміжного валу КПП

				Матеріал: <u>Сталь 18ХГМ ДСТУ 4543-71</u> Твердість: <u>HRC (57-60)</u>	
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Засіб контролю	Розмір, мм		Висновок
			за робочим кресленням	допустимий без ремонту	
1	Знос шийки під роликівий підшипник	Скоба 53,480 мм або мікрометр (50-75) мм	53,500	53,480	Ремонтувати. Хромування, залізнення, електроімпульсне наплавлення
2	Знос шийки під кулькові підшипники	Скоба 44,909 мм або мікрометр (25-50) мм	44,992	44,990	Ремонтувати. Хромування, залізнення, електроімпульсне наплавлення

- загальні відомості про проміжний вал;
- перелік можливих його дефектів;
- способи їх виявлення;
- розміри деталі за робочим кресленням;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- допустимі без ремонту її розміри;
- рекомендовані способи усунення дефектів.

Для повного уявлення про дефекти деталі, точність відновлюваних поверхонь, а також визначення способів відновлення виконується ремонтне креслення.

4.2 Дефекти зношеного проміжного валу КПП і причини їх виникнення

Проміжний вал працює при знакозмінних навантаженнях. Його встановлюють на кулькові підшипники кочення, які сприймають виникаючі при роботі зубчастих коліс навантаження. Підшипники вільно обертаються на вторинному валу, що призводить до зносу шийок під підшипники.

Шестірні, які встановлені на проміжному валу шпонками, зазнають вібраційних та ударних навантажень, що призводить до зносу шпонкових пазів. Для осьової фіксації валу використовується тільки одна з його опор. Інша опора така, щоб кінець валу разом з підшипником вільно переміщався у картері в осьовому напрямку. Це запобігає осьовому перевантаженню підшипників через можливі температурні деформації валу.

4.3 Розрахунок розміру партії проміжних валів в умовах серійного виробництва

В умовах серійного виробництва розмір партії приймають, виходячи з місячної потреби у відремонтованих проміжних валах. Місячна програма відновлюваних проміжних валів, шт.:

$$N_{\text{міс.}} = \frac{NK_p \cdot n}{12}, \quad (4.1)$$

де $N = 8000$ шт. – річна виробнича програма ремонту КПП;

$K_p = 2$ – маршрутний коефіцієнт ремонту КПП;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$n = 1$ шт. – кількість однойменних проміжних валів на КПП.

$$N_{\text{міс}} = \frac{8000 \cdot 2 \cdot 1}{12} = 1333.$$

Розмір партії проміжних валів, шт.:

$$Z = \frac{N_{\text{міс}}}{X}, \quad (4.2)$$

де $X = 2$ – кількість запусків.

Тоді:

$$Z = \frac{1333}{2} = 666,5$$

4.4 Вибір раціонального способу відновлення зношеного проміжного валу

Способи відновлення проміжного валу наведені у табл. 4.2 [32-35].

Таблиця 4.2 – Способи відновлення зношеного проміжного валу

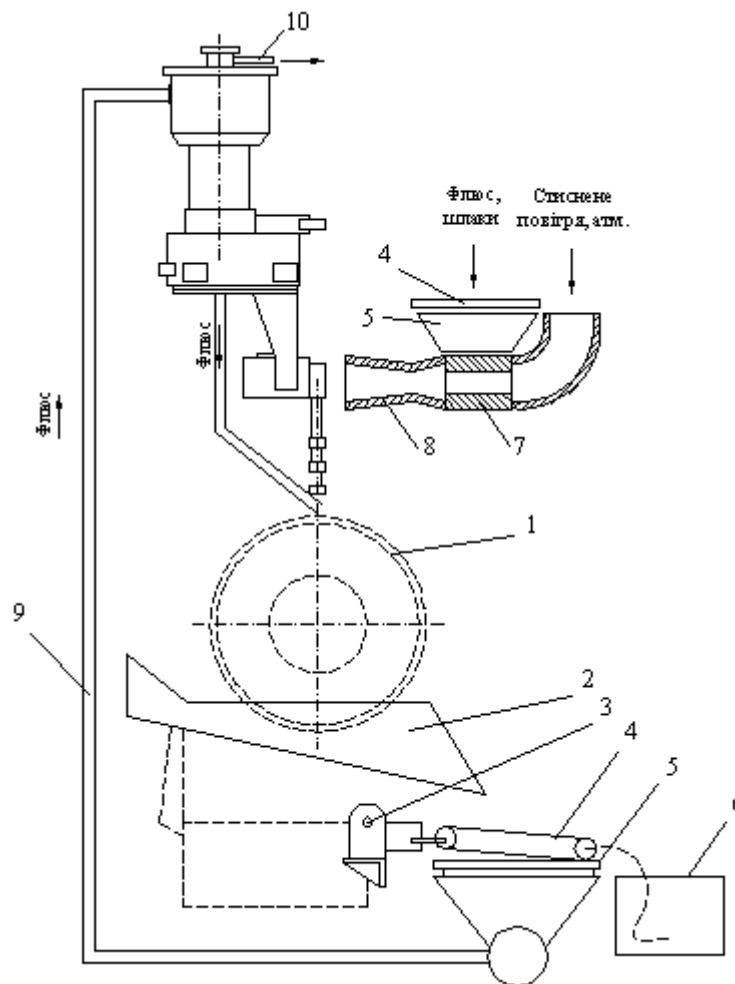
№ і найменування дефекту	Способи відновлення	Коефіцієнт	
		довго- вічності	техніко- економічної ефективності
1. Знос шийки під роликовий підшипник	Обробка під ремонтний розмір	0,860	0,875
	Додаткові ремонтні деталі	0,810	0,350
	Ручне дугове зварювання	0,42	0,314
	Ручне газове зварювання	0,490	0,138
	Наплавлення під шаром флюсу	0,790	0,436
2 Знос шийок під кулькові підшипники	Наплавлення у середовищі CO ₂	0,650	0,403
	Хромування	1,33	0,084
	Залізнення (осталювання)	0,60	0,637
	Електроімпульсне наплавлення	0,88	0,49
	Наплавлення під шаром флюсу	0,790	0,436

Прийнятий спосіб відновлення – наплавлення під шаром флюсу.

4.4.1 Відновлення зношеного проміжного валу наплавленням під шаром флюсу

Наплавлення проміжного валу проводимо з використанням зварного сталюго дроту марки Нп-30ХГСА діаметром $\varnothing 2$ мм і флюсу АН-348А. Перед наплавленням шийки підігривають полум'ям газового пальника до $t = (220-240^{\circ}\text{C})$.

Невід'ємною частиною автоматизації наплавлювальних робіт є механічне прибирання і подача флюсу пристроєм, зображеним на рис. 4.1.



1 – проміжний вал; 2 – жолоб; 3 – приводний механізм сита; 4 – сито вібраційне; 5 – бункер пневмопередачі; 6 – ящик для зберігання шлаків; 7 – головка ежекційна; 8 – горловина ежектора; 9 – труба, щоб транспортувати флюс; 10 – труба для виходу в атмосферу повітря

Рисунок 4.1 – Схема ежекційної пневматичної установки, призначеної для прибирання та подачі флюсу

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Флюс і шлак зсипаються в нахилений жолоб і на вібраційне сито з розмірами вічка 3×3 мм. Сито приводять у рух за допомогою електродвигуна (потужністю $P = 1,0$ кВт і частотою обертання $n = 930$ об/хв.) тягами та ексцентриковим валом. Коли флюс проходить через сито, він засипається у бункер, а шлак потрапляє в ящик. З бункера флюс направляється в ежекційну коробку, в яку через ежекційну голівку поступає стиснуте до (4-7) атм. повітря. Під його тиском флюс надходить в горловину і далі по трубі в бункер головки автомату А1406 з наступними характеристиками [47]:

- номінальний зварювальний струм 1000 А;
- швидкість подачі електроду (50-500) м/год.;
- джерело живлення ВДУ-1001 (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Автомат А1406

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

4.5 Вибір технологічних баз при відновленні зношеного проміжного валу

Технологічними базами при МО шийок під роликівий і кульковий підшипники приймаємо центрові отвори валу, які є його осьовою базою – ними забезпечується дотримання принципу постійності та єдності баз, так як при їх використанні можна відновити зноси обох підшипників.

4.6 Технологічні схеми усунення кожного дефекту зношеного проміжного валу

У табл. 4.2 наведена схема ТП проміжного валу.

Таблиця 4.2 – Схема ТП проміжного валу

Дефект	Спосіб усунення дефекту	Найменування і зміст операції	Технологічна база	Квалітет	Шорсткість Ra, мкм
Знос шийки під роликівий підшипник Знос шийок під кульковий підшипник	Наплавлення під шаром флюсу	<i>Шліфувальна</i> Шліфувати дві шийки під підшипники <i>Наплавлення під шаром флюсу</i> Наплавити шийки під підшипники <i>Токарна</i> 1. Точити наплавлені шийки попередньо 2. Точити шийки остаточно <i>Шліфувальна</i> Шліфувати дві шийки під номінальні розміри	Осьова база	7	0,8

4.7 Визначення проміжних припусків, допусків і розмірів зношеного проміжного валу

4.7.1 Дефект – знос шийки валу під роликовий підшипник

Діаметр шийки валу по робочому кресленню дорівнює $\varnothing 53,500_{-0,018}$.
Загальна довжина валу по кресленню $L_B = 499,670$ мм.

\varnothing шийки згідно робочого креслення (рис. Б2), мм:

$$d = 53,500_{-0,018}$$

\varnothing шийки після шліфування, мм [35]:

$$d_0 = d_{\text{зн}} - 2h_0 \quad (4.3)$$

де $2h_0 = 0,40$ мм – припуск на шліфування на \varnothing [35].

Тоді:

$$d_0 = 53,480 + 0,40 = 58,880 \text{ мм.}$$

\varnothing шийки після чорнового точіння d_1 , мм:

$$d_1 = d + 2h, \quad (4.4)$$

де $2h = 0,40$ мм – припуск на шліфування на \varnothing [35].

Тоді:

$$d_1 = 53,50 + 0,40 = 53,90 \text{ мм.}$$

\varnothing шийки після чорнового точіння d_2 , мм:

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_2 = d_1 + 2h_1, \quad (4.5)$$

$$d_2 = 53,90 + 1,50 = 55,40 \text{ мм.}$$

У табл. 4.3 наведено визначення проміжних припусків, допусків і розмірів відновлювального валу (знос шийки валу під роликівий підшипник).

Таблиця 4.3 – Проміжні припуски, допуски і розміри відновлювального валу (знос шийки валу під роликівий підшипник)

Найменування операції	Точність обробки	Проміжний (зношений) розмір деталі d ($d_{\text{зн}}$), мм	Проміжний припуск на діаметр $2h$, мм	Допуск на розмір δ , мм
Деталь до компенсації зносу шийки колінчастого валу				
Токарна:				
– чорнова	h8	53,48	2,00	0,300
– чистова	h10	53,48	1,50	0,076
Шліфувальна	h7	53,48	0,40	0,018

4.7.2 Дефект – знос шийки валу під кульковий підшипник

\varnothing шийки валу по робочому кресленню складає $\varnothing 44,99_{-0,016}$. Загальна довжина валу за кресленням $L_{B1} = 499,67$ мм (рис. Б2).

\varnothing шийки після шліфування рівне розміру за робочим кресленням:

$$d = 44,99_{-0,016}$$

\varnothing шийки після шліфування d_0 (формула 4.3):

$$d_0 = 44,99 + 0,40 = 45,39 \text{ мм.}$$

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ø шийки після чорнового точіння d_1 (формула 4.4):

$$d_1 = 44,99 + 0,40 = 45,39 \text{ мм.}$$

Ø шийки після чорнового точіння d_2 (формула 4.5):

$$d_2 = 45,39 + 1,40 = 46,79 \text{ мм.}$$

У табл. 4.4 наведено визначення проміжних припусків, допусків і розмірів відновлювального валу (знос шийки валу під кульковий підшипник).

Таблиця 4.4 – Проміжні припуски, допуски і розміри відновлювального валу (знос шийки валу під кульковий підшипник)

Найменування операції	Точність обробки	Проміжний (зношений) розмір деталі d (d_{zn}), мм	Проміжний припуск на діаметр $2h$, мм	Допуск на розмір δ , мм
Деталь до компенсації зносу шийки колінчастого валу				
Токарна:				
– чорнова	h8	44,99	2,0	0,300
– чистова	h10	44,99	1,40	0,076
Шліфувальна	h7	44,99	0,40	0,016

4.8 Розробка технологічного маршруту відновлення зношеного проміжного валу

Технологічні маршрути відновлення шийки під роликовий і кульковий підшипники зношеного проміжного валу наведено у табл. В1 і В2.

Для токарної роботи обрано токарно-гвинторізний верстат 16К20. За основу цього вибору брали:

- габаритні розміри проміжного валу – (67x379) мм;
- розміри робочої поверхні столу – (2505×1190) мм;
- $\max \varnothing$ оброблюваного виробу – 400 мм;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відстань між центрами – 2000 мм;
- висота центрів – 215 мм;
- максимальну осьову силу різання, яка допускається механізмом подачі, – 600 кгс;
- потужність електродвигуна – 10 кВт,;
- ККД електродвигуна – 0,75.

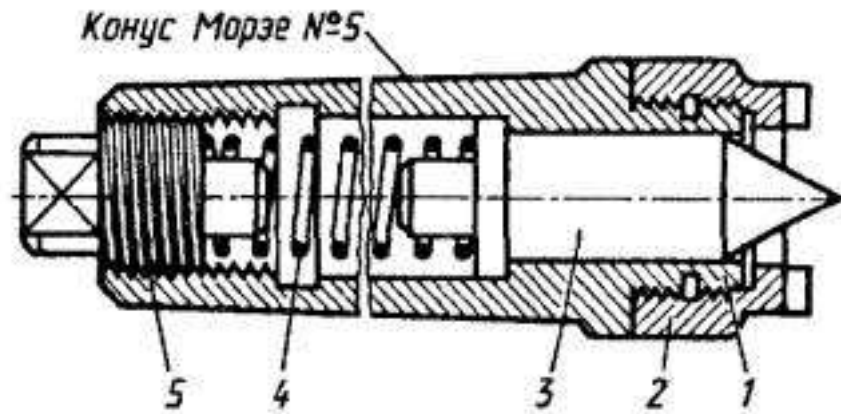
Для шліфувальних робіт підбирали верстат з дотриманням його паспортних даних і габаритних розмірів проміжного валу: круглошліфувальний верстат 3А161 з наступними параметрами:

- max розміри встановлюваної заготовки (\varnothing 200 мм; довжина $l = 700$ мм);
- max довжина шліфованої поверхні ($l = 630$ мм);
- швидкість автоматичного переміщення столу – $v = (0,02-5,00)$ м/хв.;
- частота обертання шпинделя заготовки $n = 63.400$ хв.⁻¹;
- тип і розміри шліфувального круга - ПП 500×50×203;
- переміщення шліфувальної бабки (на одну поділку лімба - 0,0025 мм; за один оборот рукава - 0,0025 мм;
- частота обертання шпинделя шліфувального круга при зовнішньому шліфуванні – 1910 хв.⁻¹;
- швидкість врізної подачі шліфувальної бабки - 0,03-3,00 мм/хв.;
- max кут повороту столу (за годинниковою стрілкою – 3 °; проти годинникової стрілки – 10 °);
- потужність електродвигуна - 7 кВт;
- габаритні розміри 3100×2100×1500 мм.

Для токарно-гвинторізних і круглошліфувальних робіт підібране верстатне пристосування з допоміжним інструментом:

- оправка повідкова спеціальна (рис. 4.3), яка затягує заготовку в обертання зубцями, які розташовані на робочому торці; заготовку підтискають до зубців центром задньої бабки [36];

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – корпус оправки з конічним хвостовиком; 2 – повідкова шайба з торцевими зубами, 3 – центр плаваючий; 4 – пружина, 5 – регульований гвинт пружини

Рисунок 4.3 – Повідкова оправка

- ключ 7811-0043 ДСТУ 2841-80;
- центр упорний 7032-0035, конус Морзе 5, ДСТУ 13214-79;
- центр верстатний обертальний А-1-4-У ДСТУ 8742-75. Був підібраний інструмент різальний, слюсарний і вимірювальний.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану проміжного валу КПП вантажного автомобіля ЗіЛ-431510 за допомогою SolidWorks Simulation

5.1 Визначення навантажень, діючих на проміжний вал

КМ, який передає проміжний вал (рис. Б1, технічна характеристика КПП бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510):

$$M_{кр1} * U_1 = 145 * 4,6 = 667 \text{ Нм.} \quad (5.1)$$

Колова сила від шестірні постійного зачеплення:

$$F_{r1} = F_{r2} = \frac{2T_2 * 10^3}{d_2} = \frac{2 * 145 * 10^3}{200} = 1450 \text{ Н,} \quad (5.2)$$

Радіальна сила від шестірні постійного зачеплення:

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \text{tg} \alpha = 1450 \text{tg} 20 = 1450 * 0,364 = 163,8 \text{ Н.} \quad (5.3)$$

За допомогою сучасних САПР створюють не тільки креслення, але й 3D-моделі, які дозволяють отримати чітке уявлення як про робочі органи, вузли та механізми, так про сам АТ. Великий набір найрізноманітніших інструментів дозволяє:

- створювати креслення деталей, вузлів, механізмів та машин;
- будувати елементи деталей та їх редагувати;
- моделювати збірки з наступним їх аналізом;
- створювати електронні каталоги та повний комплект специфікацій.

Програми САПР ділять на 3 рівня:

- програми низького рівня дозволяють створювати як звичайні креслення деталей та складальних одиниць, так і їх 3D-аналоги;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– програми середнього рівня спочатку створюють 3D-моделі, з яких після незначного редагування отримують повноцінне креслення; ці програми проводять аналіз моделей деталей і збірок імітацією дії на них навантажень, отримують діаграми напружень;

– програми високого рівня здійснюють усі операції, що й попередні програми, але також забезпечують повний цикл життя моделей.

Програмний продукт SolidWorks відноситься до програм САПР середнього рівня [37-42] – це система автоматизованого проєктування, яка використовує знайомий студентам графічний інтерфейс Microsoft Windows. SolidWorks дозволяє інженерам-проєктувальникам відображати свої ідеї в ескізі деталі, експериментувати з їх елементами та розмірами, створювати моделі і креслення деталі.

Модель SolidWorks складається з деталей, складань і креслень. Спочатку створюється ескіз, основа, а потім в модель деталі додають її елементи (можна також почати створювати модель деталі з імпортованої поверхні або геометрії твердого тіла і вдосконалювати креслення, додаючи чи змінюючи елементи та їх порядок).

Зв'язок між деталями, складаннями та кресленнями гарантує, що зміни, які зроблені в одному виді, автоматично виконуються у всіх інших видах. Креслення або складання створюються на будь-якому етапі в процесі проєктування деталі, а додаток SolidWorks дозволяє створювати власне налаштування функцій, яке відповідає конкретним вимогам.

У великому наборі інструментів програми SolidWorks є також і SolidWorks Simulation [43–45] – це система аналізу конструкцій, яка повністю інтегрована з SolidWorks. Програма SolidWorks Simulation забезпечує розв'язок по моделюванню:

- для лінійного та нелінійного статичного та динамічного аналізів;
- аналізів частоти, стійкості та втоми;
- температурного аналізу;
- випробувань на ударне навантаження;

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– аналізу оптимізації.

При підтримці точних і швидких вирішальних програм SolidWorks Simulation інтуїтивно вирішує масштабні задачі проектування, скорочуючи тривалість розрахунків завдяки економії часу й зусиль при пошуку оптимального рішення.

SolidWorks Simulation також створює гнучкі параметричні моделі деталей будь-якої складності та одержати уточнену картину НДС їх моделей. Її засоби надають проєктувальникові достатні можливості для самостійного визначення параметричного базису деталей й складання структури зв'язків між параметрами.

SolidWorks Simulation володіє 2-ма рівнями функціональних залежностей:

– 1-ий забезпечує зв'язок між параметрами моделі деталі при перерахунку їх значень;

– 2-ий забезпечує зв'язок з САД-системами при відновленні деталі відносно отриманих значень параметрів.

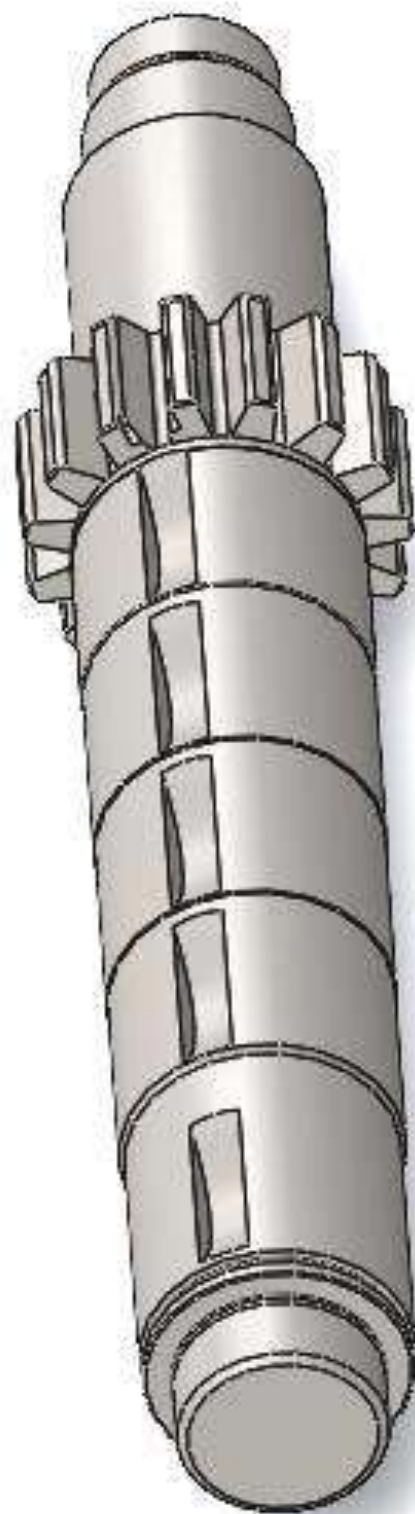
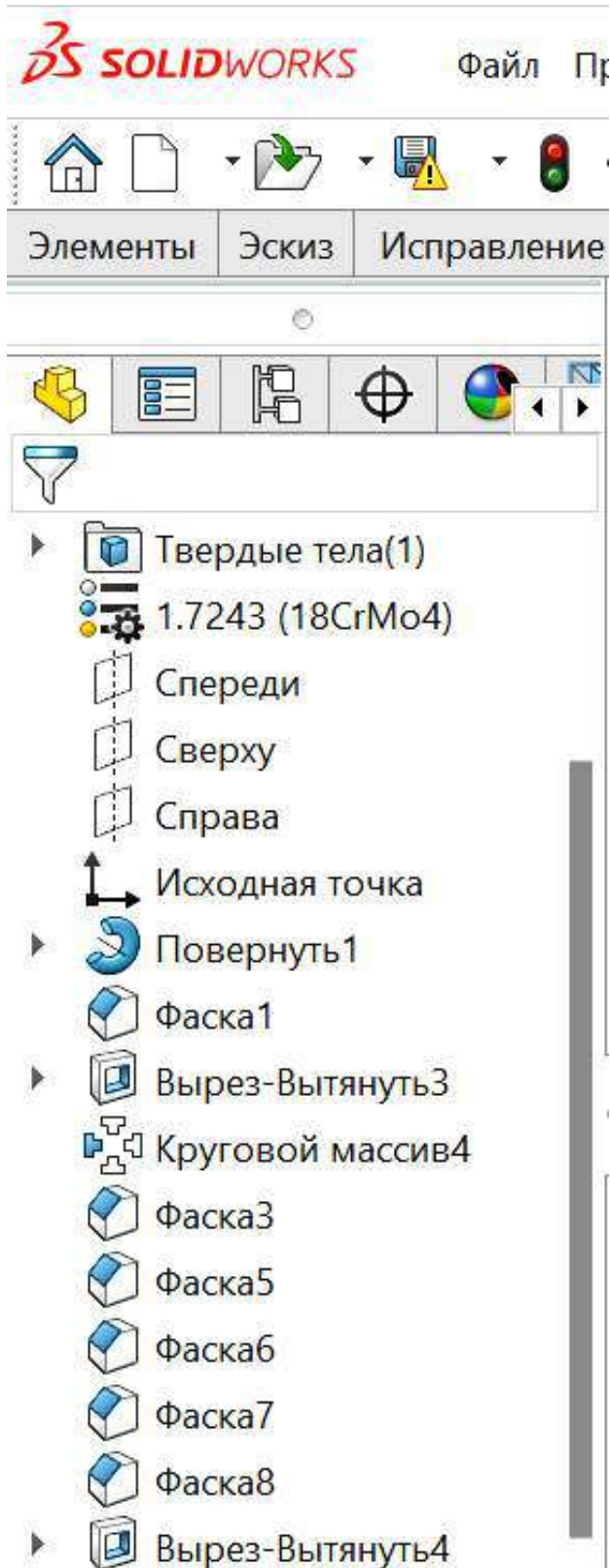
Комбінація цих 2-х видів залежностей сприяє досягати надзвичайних результатів – фактично не обмежується гнучкість одержуваної моделі.

Щоб зручно проводити навігацію по моделі деталі й створення зв'язків між параметрами SolidWorks Simulation має інструменти допоміжної візуалізації. Система параметризації користується достатнім набором інструментів для збирання складної параметричної моделі деталі та одержання на її основі виробу з необхідними значеннями розмірів, фізичних, конструктивних та інших параметрів.

5.2 Побудова у SolidWorks твердотільної моделі проміжного валу

Метою даної роботи ставилось дослідження НДС проміжного валу КПП бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510 за допомогою SolidWorks Simulation. Для цього спочатку у SolidWorks побудували твердотільну (геометричну) модель проміжного валу (рис. 5.1).

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а

б

Рисунок 5.1 – Загальна методика побудови у SolidWorks твердотільної моделі проміжного валу (а) і сама модель (б)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

54

Інформація про модель проміжного валу КПП наведена на рис. 5.2.

 Имя модели: VavreniukSW Активная конфигурация: По умолчанию			
Твердые тела			
Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа
Вырез-Вытянуть 	Твердое тело	Масса:6,26052 kg Объем:0,00080263 м ³ Плотность:7 800 kg/м ³ Масса:61,3531 N	D:\Vavreniuk_ZIL130 _KPP_ValProm_SW\V avreniukSW.SLDPRT

Рисунок 5.2 – Інформація про модель проміжного валу КПП

5.3 Дослідження напружено-деформованого стану проміжного валу за допомогою SolidWorks Simulation

Наступний етап – дослідження НДС проміжного валу за допомогою SolidWorks Simulation. Для цього на панелі інструментів SolidWorks активуємо панель інструментів *SolidWorks Simulation* шляхом натискання відповідної кнопки (рис. 5.3). На панелі SolidWorks Simulation вибираємо *Нове дослідження* (рис. 5.4).

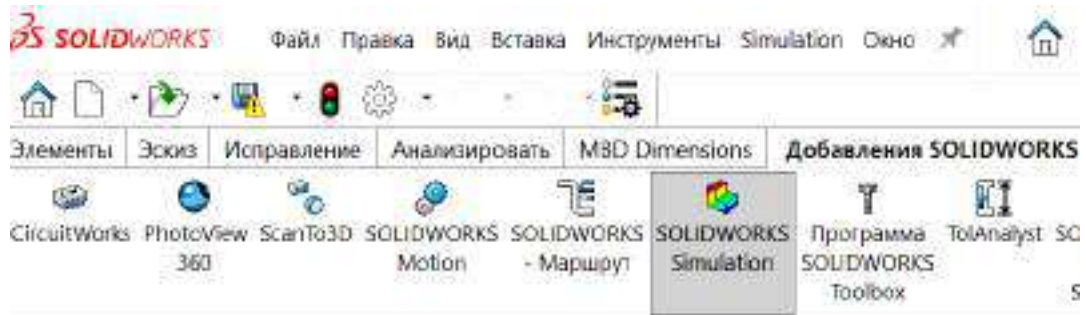


Рисунок 5.3 – Активация панели инструментов SolidWorks Simulation

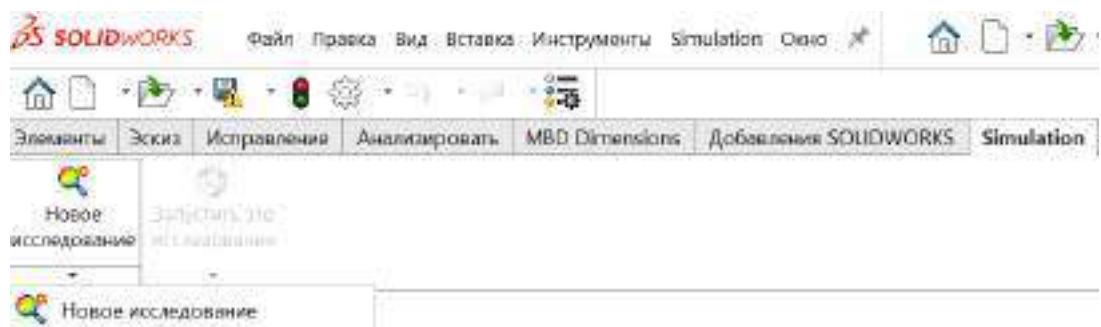


Рисунок 5.4 – Створення нового дослідження у SolidWorks Simulation

У вікні *Дослідження* вибираємо *Статичний* і натискаємо кнопку завершення дії *OK* (рис. 5.5).

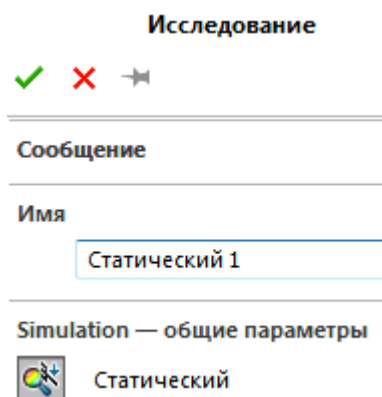


Рисунок 5.5 – Вибір типу дослідження НДС моделі проміжного валу

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

5.3.1 Вибір матеріалу проміжного валу

У вкладці *Застосувати матеріал* (рис. 5.6) вибираємо матеріал проміжного валу – європейський еквівалент сталі 18ХГМ – 18CrMo4 (1.7243) (EN) – рис. 5.7 (його вибирають відповідно до стандартів, які запропонує SolidWorks; також можна вказати свій матеріал відповідно до його унікальних властивостей).

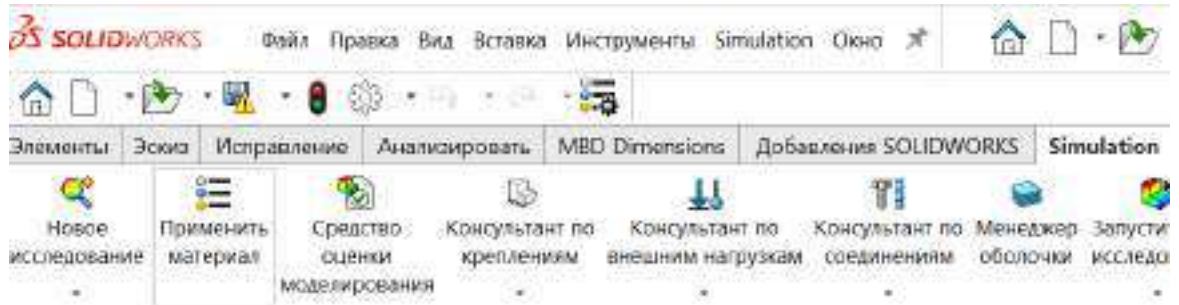
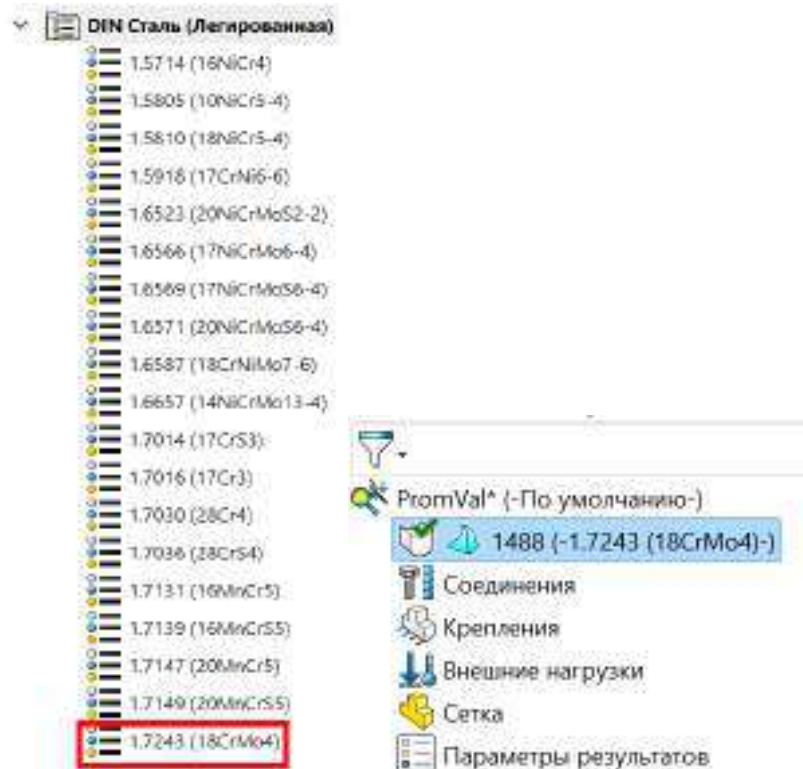


Рисунок 5.6 – Застосування вкладки SolidWorks Simulation для вибору матеріалу проміжного валу



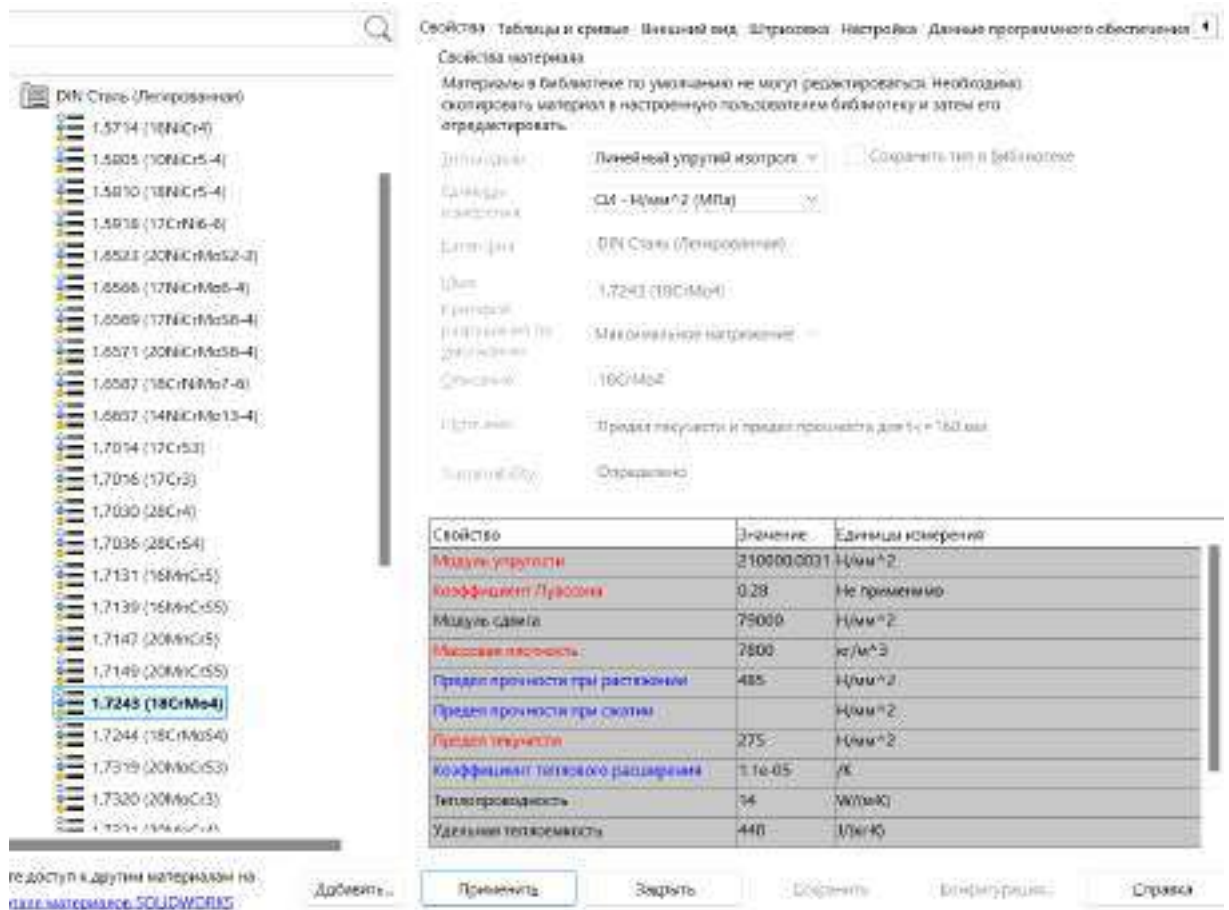


Рисунок 5.7 – Вибір матеріалу проміжного валу

5.3.2 Вибір кріплення проміжного валу

Для фіксування проміжного валу на вкладці SolidWorks Simulation Консультант по кріпленням обираємо Фіксована геометрія (рис. 5.8) і вказуємо:

- поверхню зуба проміжного валу, яка стикується із зубчастим колесом 18 (рис. Б1);
- і поверхні підшипників 26 і 27 (рис. Б1), завдяки яким проміжний вал фіксується у корпусі КПП (рис. 5.9).

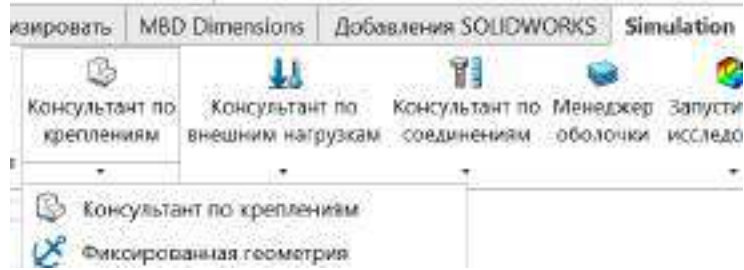
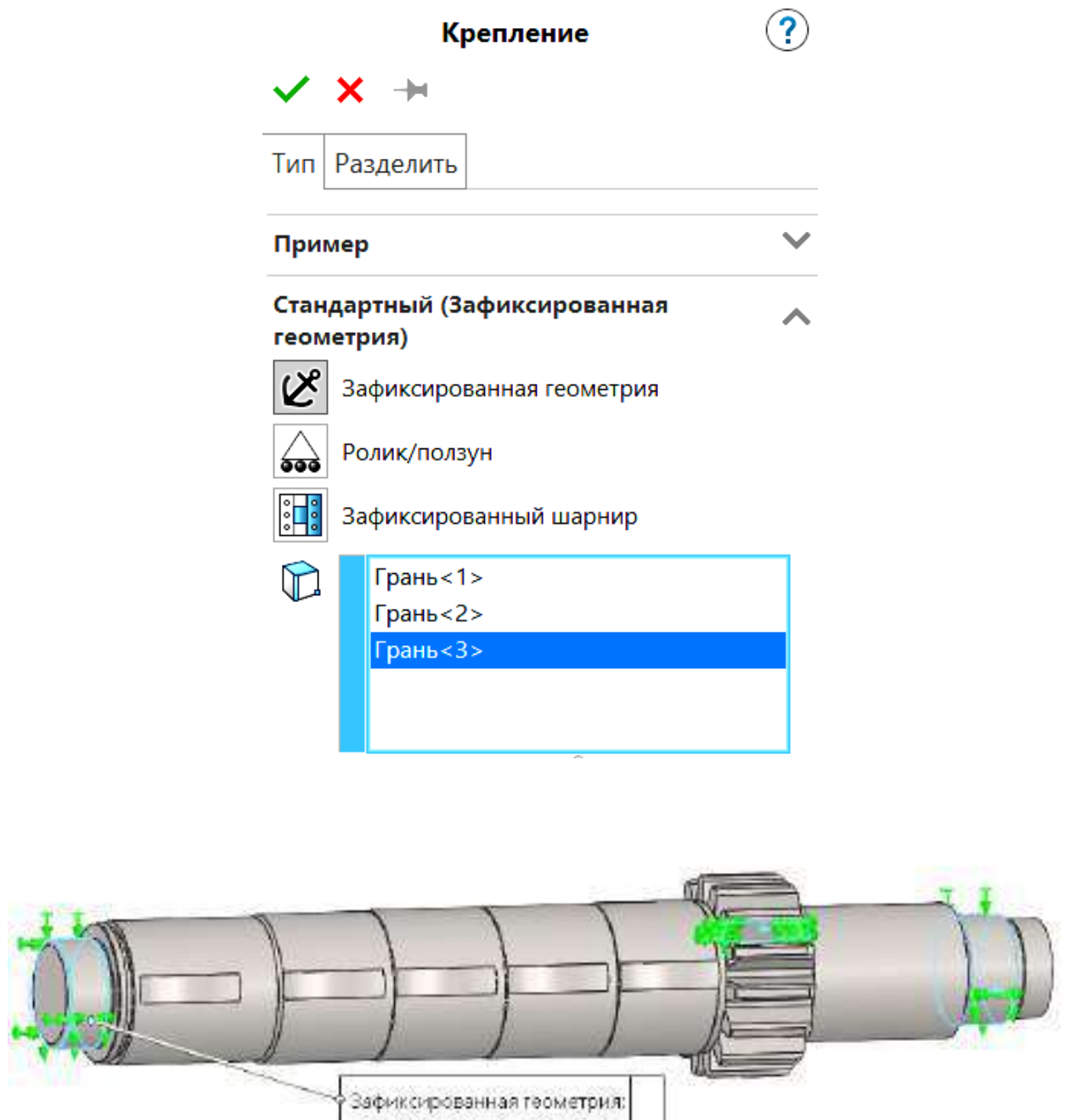


Рисунок 5.8 – Выбор метода крепления промежуточного вала



Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления			
Зафиксированный-4		Объекты:	1 грани		
		Тип:	Зафиксированная геометрия		
Результирующие силы					
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая	
Сила реакции(N)	-3,71954	19,7895	187,201	188,281	
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0	
Зафиксированный-5		Объекты:	2 грани		
		Тип:	Зафиксированная геометрия		
Результирующие силы					
Компоненты	X	Y	Z	Результирующая	
Сила реакции(N)	3,71743	127,79	1 262,8	1 269,26	
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0	

Рисунок 5.9 – Вибір поверхонь фіксування проміжного валу

5.3.3 Прикладення навантажень до проміжного валу

На вкладці *Консультант по зовнішнім навантаженням* обираємо *Сила* (рис. 5.10) і вказуємо їх величину і напрямок – радіальна сила $F_{r1} = 164 = \text{H}$ (формула 5.3) і колова сила $F_{t1} = 1450 \text{ H}$ (формула 5.2).

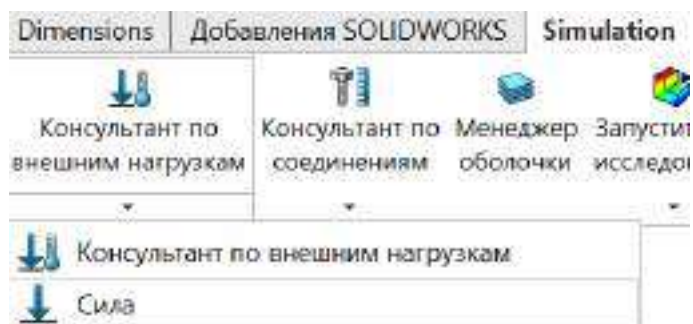
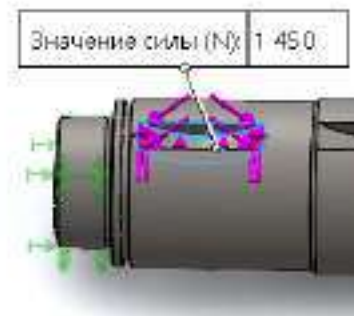
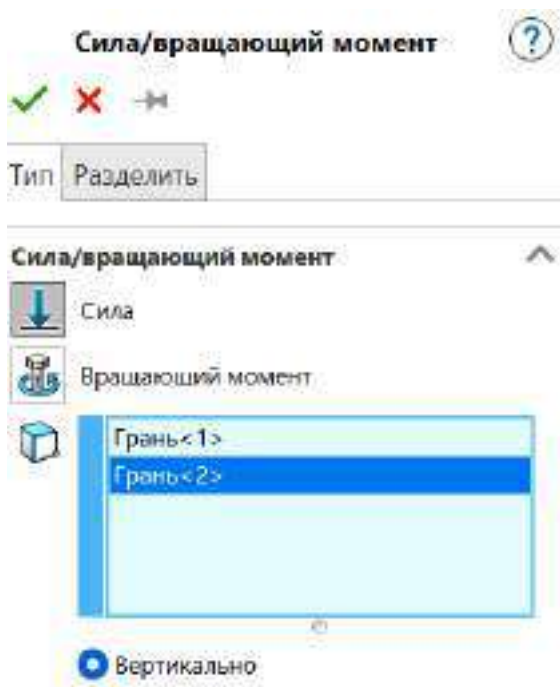
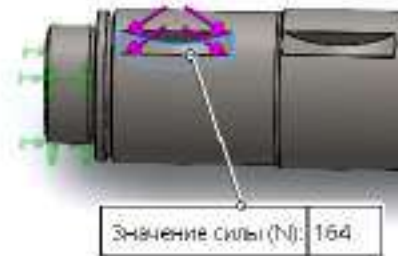
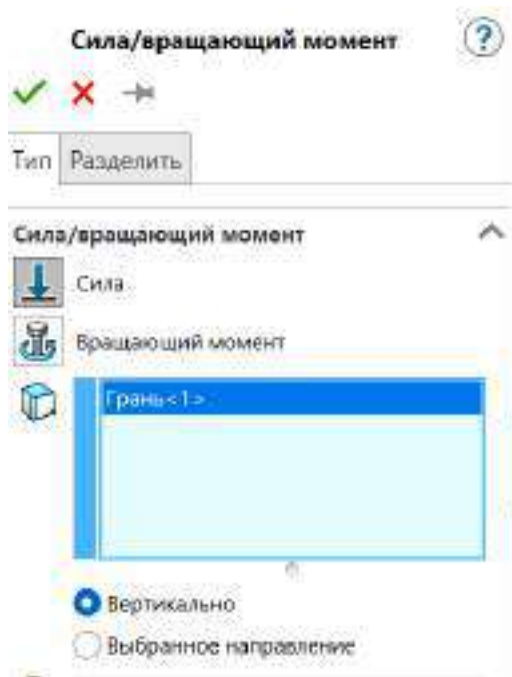


Рисунок 5.10 – Вибір способу навантаження проміжного валу

На вкладці *Сила/обертовий момент* у менеджері властивостей *Тип* вибираємо *Грані* для прикладення сили і вказуємо їх окремо на кожну поверхню на моделі проміжного валу (рис. 5.11).



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-3		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 164 N
Сила-4		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 1 450 N

Рисунок 5.11 – Вибір граней для прикладення сил (та їх значень) до моделі проміжного валу

Результуючі сили та моменти, діючі на модель проміжного валу, наведені на рис. 5.12.

Силы реакции					
Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z	Результирующая
всей модели	N	-0.00211263	147.579	1 450	1 457.49

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

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

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

Рисунок 5.12 – Результуючі сили та моменти, діючі на модель проміжного валу

5.3.4 Створення сітки скінченних елементів проміжного валу

Наступний етап дослідження – програма ділить модель проміжного валу на елементи (малі частинки простої форми – скінченні елементи), які з'єднано у вузлах (спільних точках). При цьому програма аналізу скінченних елементів розглядає модель проміжного валу як сітку (мережу дискретно зв'язаних між собою елементів). Метод скінченних елементів прогнозує поведінку моделі зіставленням інформації, яка одержана від усіх елементів моделі.

Створення сітки скінченних елементів – важливий етап в аналізі конструкції проміжного валу. Сітку створюють на основі розміру елементу, допуску на нього і характеристик локального управління сіткою. Ці характеристики дозволяють задати різні розміри елементу для кромки, граней і вершин. Програмою визначається розмір елементу для моделі проміжного валу з урахуванням її об'єму, площі поверхні та ін. геометричні характеристики. Розмір створюваної сітки – це кількість вузлів та елементів, залежить від розмірів і геометрії моделі, характеристик контакту, допуску сітки та параметрів управління нею. На ранніх стадіях розрахунку моделей (для приблизних результатів) задають більший розмір елементу, щоб пришвидшити розрахунки.

При використанні елементів оболонки програмою створюється наступний тип елементів у залежності від того, які параметри створення сітки вибрані для розрахунків:

- сітка низької якості (лінійні 3-кутні елементи оболонки);
- сітка високої якості (параболічні 3-кутні елементи оболонки).

Тому на вкладці *Запустити це дослідження* вибираємо *Створення сітки* (рис. 5.13), яка необхідна для розбиття поверхні моделі проміжного валу на маленькі ділянки прикладення результатів силового розрахунку.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

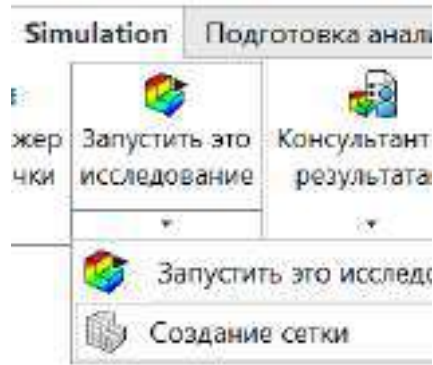
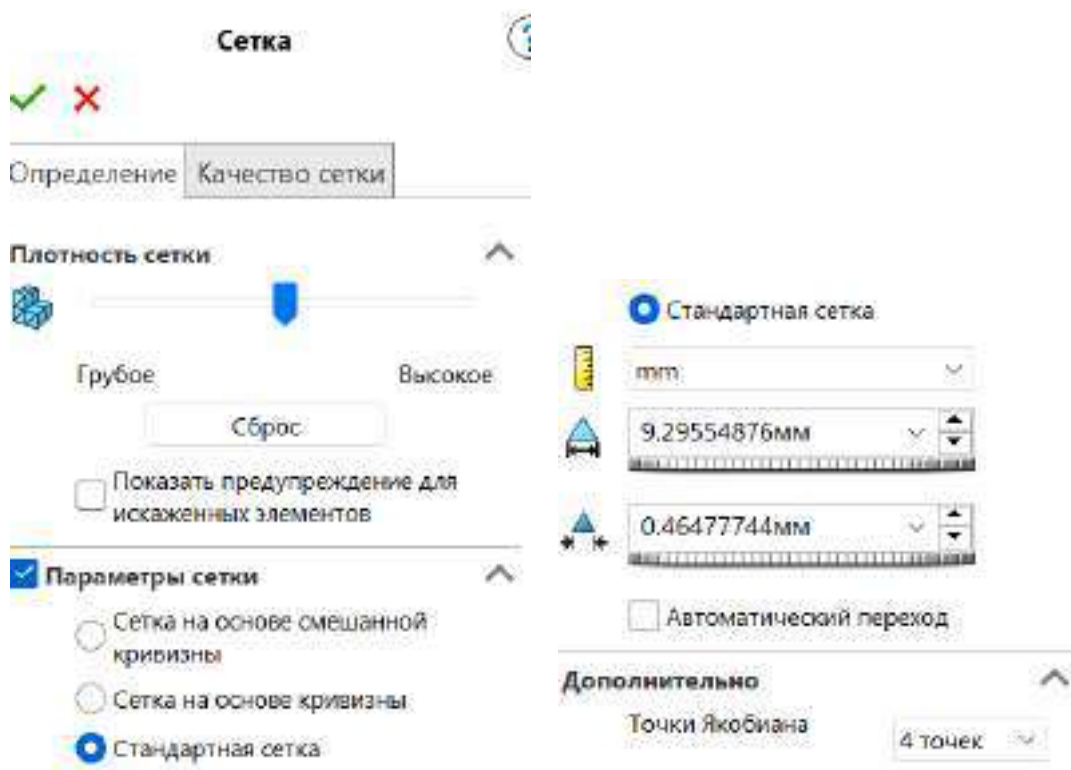


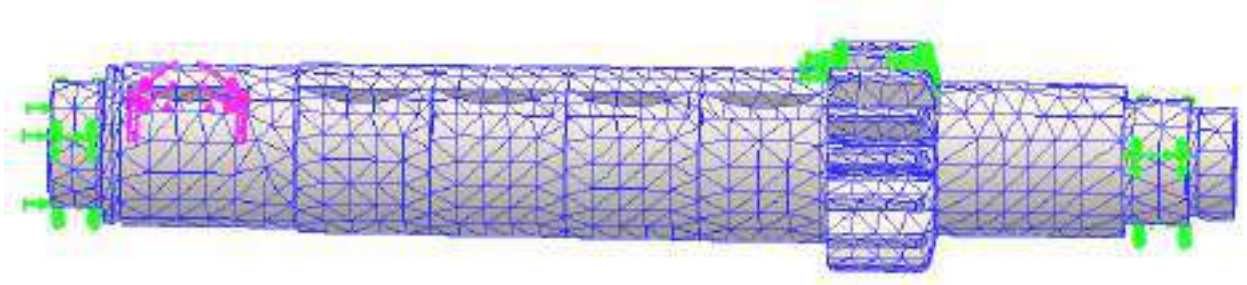
Рисунок 5.13 – Вибір на вкладці *Запустити це дослідження* параметру *Створення сітки* моделі проміжного валу

У вікні *Сітка* на вкладці *Визначення* погодитись із запропонованими (рис. 5.14):

- *Щільність сітки;*
- *Параметри сітки (стандартна сітка);*
- *Точки Якобіана (4 точок).*



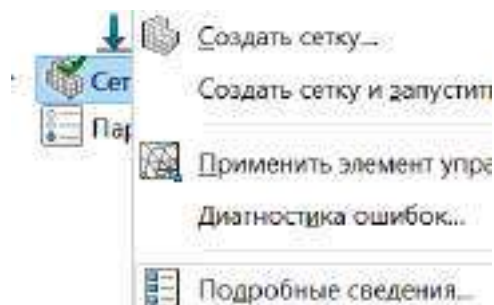
а



б

Рисунок 5.14 – Параметры сітки (а) та її відображення на моделі проміжного валу (б)

Для деталізації параметрів створеної сітки на вкладці *Сітка* потрібно вибрати *Детальні відомості* (рис. 5.14).



Сетка Детализация	
Имя исследования	PromVal* (-По умолчанию-)
Детализация Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки	Выкл
Включить автоциклы сетки	Выкл
Точки Якобиана для сетки высокого качества	4 точек
Размер элемента	9,29555 mm
Допуск	0,464777 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	24134
Всего элементов	15222
Максимальное соотношение сторон	64,232
Процент элементов с соотношением сторон < 3	79,7
Процент элементов с соотношением сторон > 10	2,28
Процент искаженных элементов	0
Число искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:02
Имя компьютера	

Рисунок 5.14 – Деталізація параметрів створеної сітки

Таким чином, у нашому дослідженні параметри сітки (рис. 5.13 і 5.14) наступні: якість сітки висока; 4 точки Якобіана; розмір елемента 9,2955 мм; допуск 0,464777 мм; всього вузлів 2434; всього елементів 15222; максимальне співвідношення сторін 64,232; перекручених елементів Якобіана – 0%.

5.3.5 Розрахунок напружено-деформованого стану проміжного валу

В інструменті *Запустити це дослідження* вибираємо відповідну вкладку (рис. 5.15).



Рисунок 5.15 – Запуск розрахунку НДС проміжного валу

Аналіз розрахунків, проведених SolidWorks Simulation, показав області моделі проміжного валу, в яких під дією зовнішніх навантажень з'являються максимальні та мінімальні внутрішні напруження.

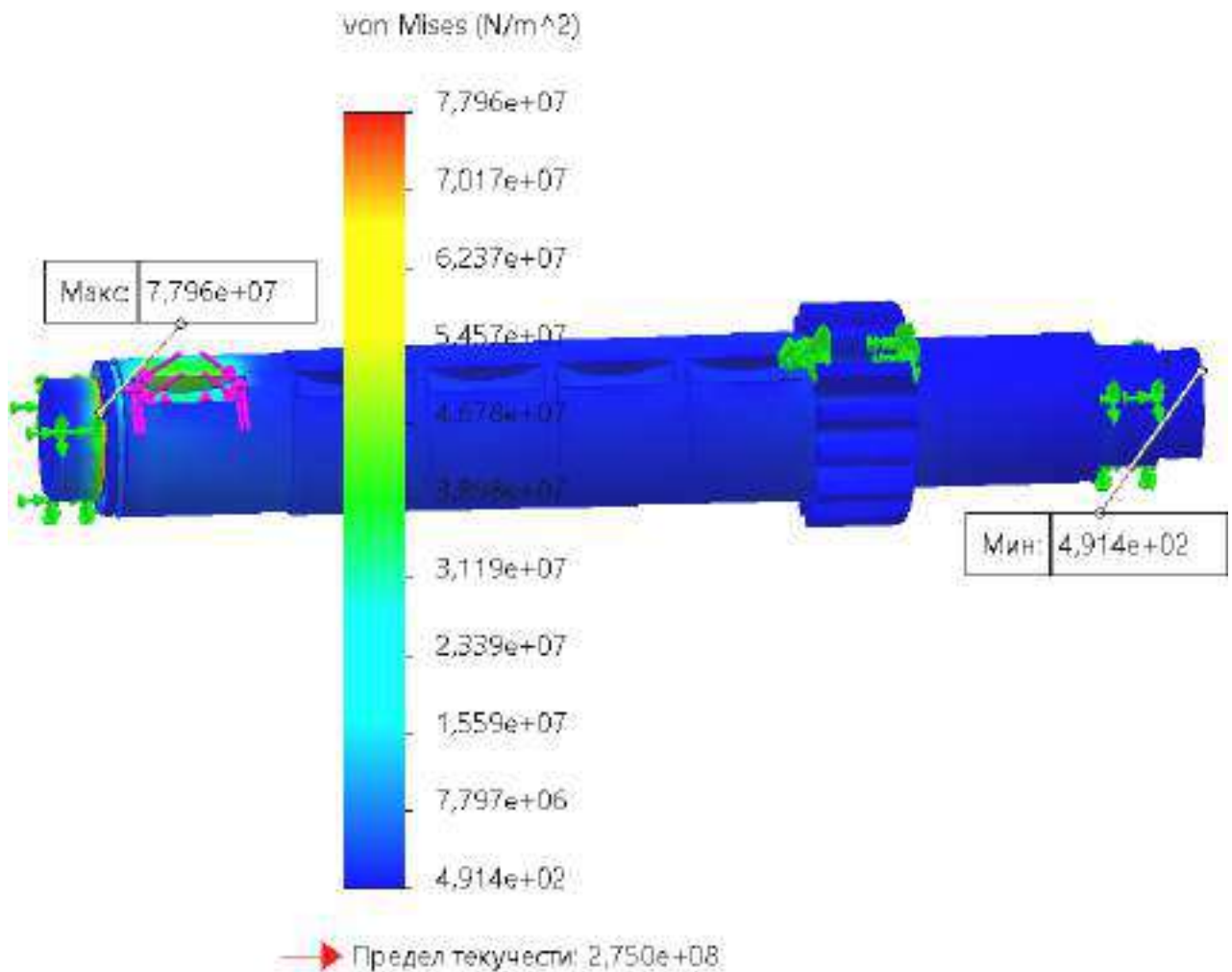
Результатом статичного аналізу є епюри напруження, переміщення, деформації, запасу міцності. Встановлено, що для проміжного валу максимальні:

- вузлові напруження Von Mises складають 77,96 МПа (рис. 5.16),
 - переміщення URES складають 0,01020 мм (рис. 5.17),
 - деформації ESTRN складають 0,0002349 мм (рис. 5.18),
- тобто не перевищують допустимих значень.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	4,914e+02N/m ² Узел: 876	7,796e+07N/m ² Узел: 23581

а



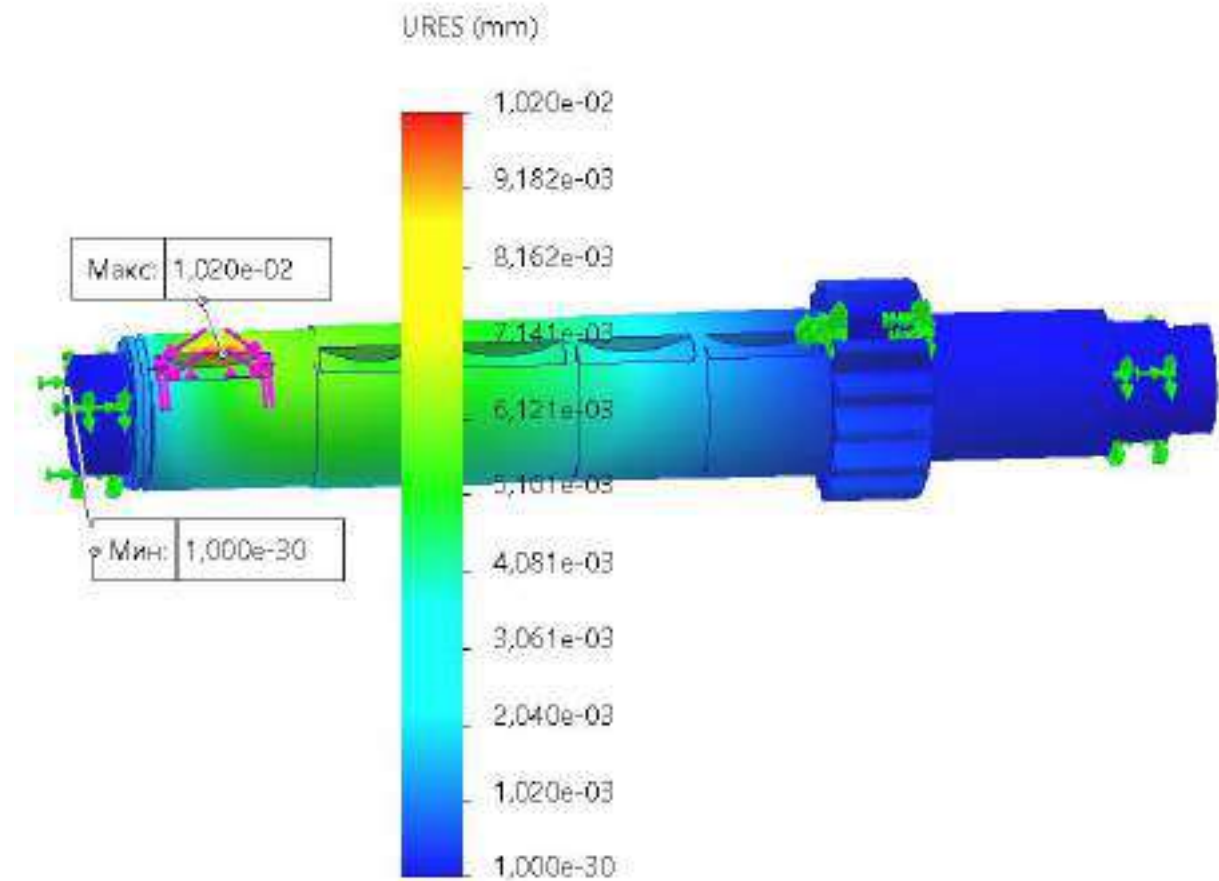
б

Рисунок 5.16 – Результаты розрахунку (а) і контурний графік сумарних напружень von Mises (б) моделі проміжного валу

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0,000e+00mm Узел: 53	1,020e-02mm Узел: 1558

а

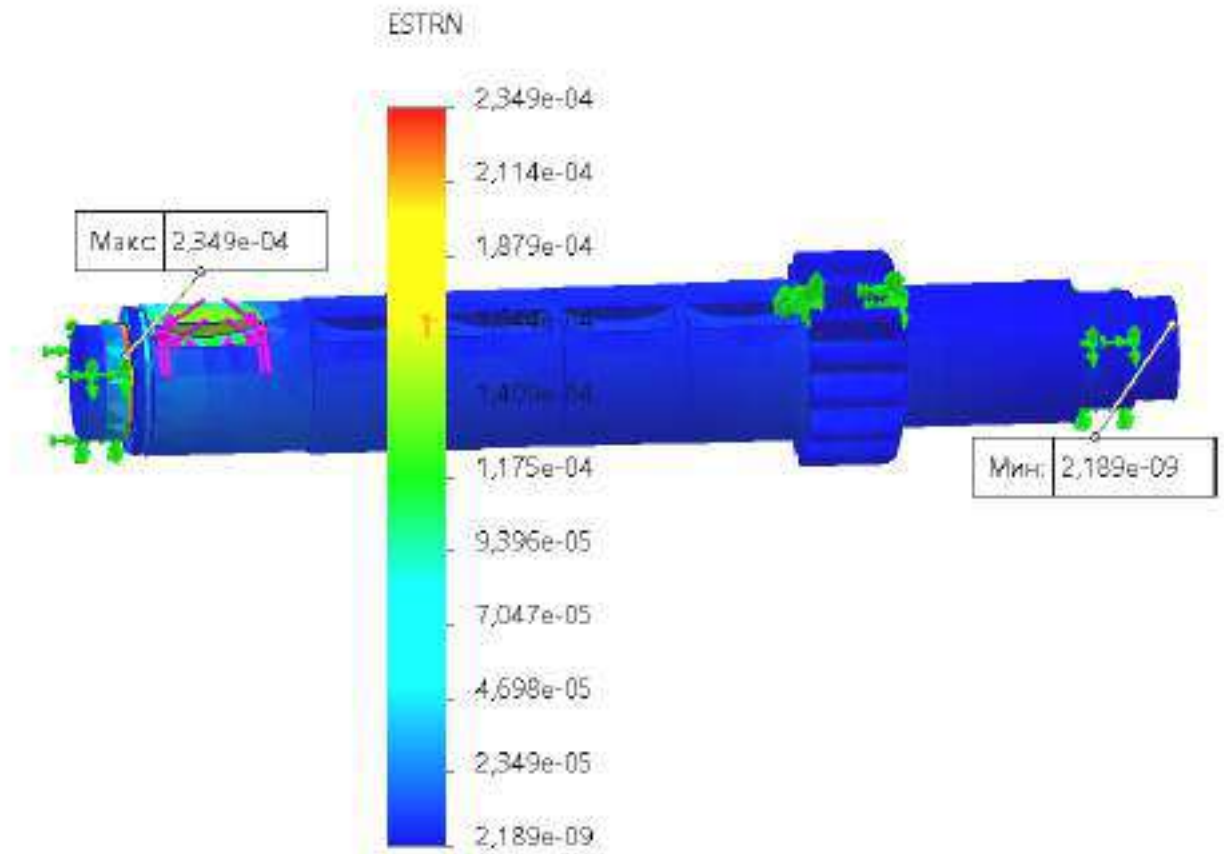


б

Рисунок 5.17 – Результати розрахунку (а) і контурний графік сумарних переміщень URES (б) моделі проміжного валу

Имя	Тип	Мин	Макс
Деформация1	ESTRN: Эквивалентная деформация	2,189e-09 Элемент: 10871	2,349e-04 Элемент: 13038

а



б

Рисунок 5.18 – Результати розрахунку (а) і контурний графік сумарних деформацій ESTRN (б) моделі проміжного валу

Згідно рис. 5.18 максимальна деформація проміжного валу складає 0,0002349 %. Отже, деформація не може бути причиною погіршення його працездатності. Очевидно, саме знос зубів створює люфт і пониження працездатності КПП. При цьому мінімальний коефіцієнт запасу міцності FOS для

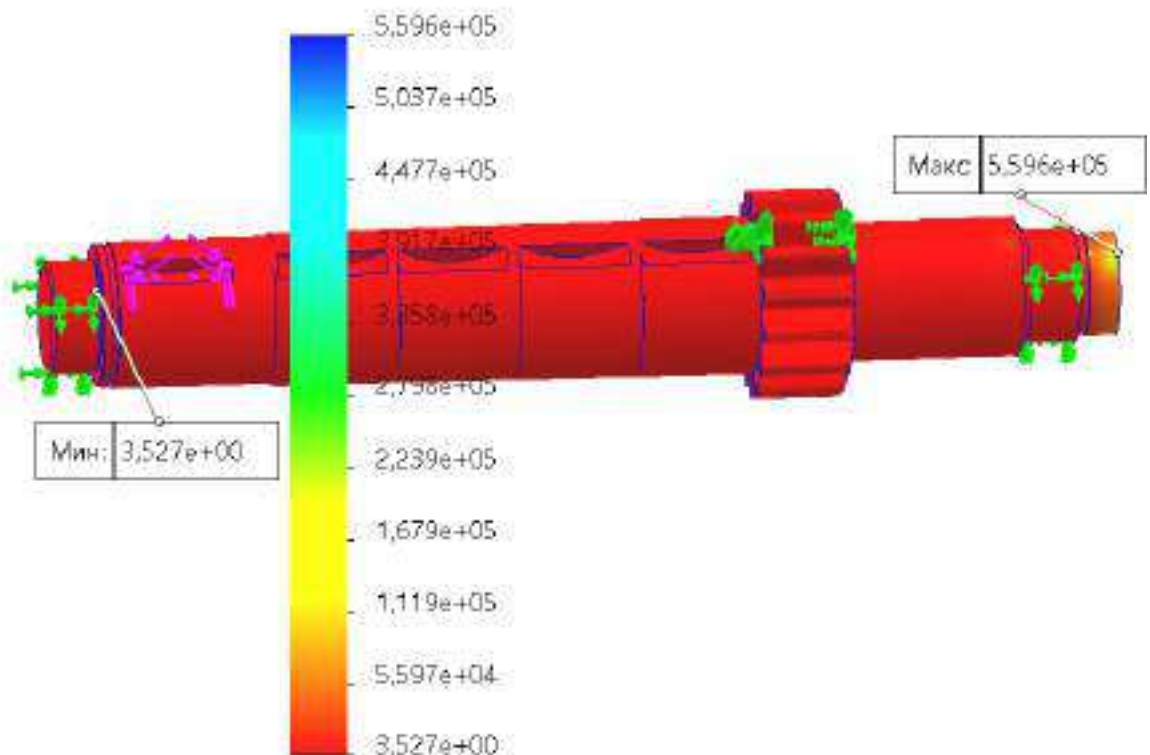
					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проміжного валу становить $n = 3,527$ (рис. 5.19), тобто перевищує допустимий, який рівний $[n] = 3,0$. Отже, запас міцності достатній.

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	3,527e+00 Узел: 23581	5,596e+05 Узел: 876

а

Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 3,5
FOS



б

Рисунок 5.19 – Результати розрахунку (а) і контурний графік запасу міцності FOS (б) моделі проміжного валу

Отже, сучасні програми САПР є потужним інструментом для інженерів–конструкторів. З їх допомогою можна:

- створювати 3D-моделі деталей;
- розробляти їх креслення;
- зменшити час для проведення експериментальних досліджень та виробничих випробувань розробленої техніки.

Методика моделювання навантажень дозволяє:

- визначити слабкі місця в конструкції ще на етапі конструювання;
- провести необхідні зміни без виготовлення натурних зразків.

Це сприяє економії витрат на матеріали, що зменшує вартість випущеної продукції.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Наведені загальні відомості та технічні характеристики бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510. Описане призначення, будова, функціонування, основні несправності, технічне обслуговування, ремонт його коробки перемикачів передач.

Проведено вибір матеріалу (сталь 18ХГМ), термічної і ХТО проміжного валу КПП ЗіЛ-431510 і розроблений технологічний процес його зміцнення (технічні вимоги на дефектацію; дефекти і причини їх виникнення; розрахунок розміру партії проміжних валів в умовах серійного виробництва; вибір раціонального способу та технологічних баз відновлення; визначення проміжних припусків, допусків і розмірів проміжного валу; описаний технологічний маршрут).

Для попередньої термічної обробки сталі 18ХГМ застосована нормалізація:

- нагрівання до $t = (855-875) \text{ } ^\circ\text{C}$;
- утримання при цій t , щоб отримати однорідну дрібнозернисту структуру;
- повільне охолодження на спокійному повітрі.

Цей процес поліпшує механічні властивості сталі 18ХГМ (пластичність та ударну в'язкість) через формування структури, яка складається з фериту та перліту. Для нормалізації обираємо електропіч з вихотним подом СДО-8,5.16.8,5/12,5.

Для отримання високої міцності та зносостійкості проміжного валу використали нітроцементацию у муфельні печі безперервної дії СШЦМ-6.10/10.

До і після закінчення цементации муфель продувають інертним газом. Витрата карбюраторів на 1 м^2 цементованої поверхні проміжних валів складають (0,38-0,40) $\text{м}^3/\text{год.}$.

Процес нітроцементации ведуть при температурі $t = (860-880) \text{ } ^\circ\text{C}$ у карбюраторі, який складається з:

- вуглецевого газу CO_2 ;
- 1,0 % природного газу CH_4 ;
- 0,7 % аміаку NH_3 .

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість процесу $\tau = 5$ год..

Товщина нітроцементованого шару $h = (0,8-1,1)$ мм.

Після нітроцементзації здійснювалась наступна термообробка:

– гартування в маслі у печі СШЦМ-6.10/10 з витримкою $\tau = (15-20)$ хв. при $t = (170-190)$ °С безпосередньо в печі швидким охолодженням у маслі до $t = (800-810)$ °С ;

– низький відпуск при $t = (160-180)$ °С з подальшим охолодженням на повітрі протягом $\tau = (6-8)$ год. в електричній шахтній печі ПШО 7.10/7.

Під час нагрівання до температури гартування весь вуглець розчиняється у залізі з отриманням розчину вуглецю у залізі з гранецентрованою кубічною ґраткою – аустеніту. Швидке охолодження не дає часу на дифузію і призводить до утворення нової структури – мартенситу, а не суміші перліту та фериту.

Вміст вуглецю на поверхні складає $(0,70-0,90)$ %, азоту — $(0,30-0,40)$ %.

Структура поверхні нітроцементованого шару складається з:

– мартенситу відпуску;
– невеликої кількості рівномірно розподілених часток карбонітридів;
– $(25-30)$ % залишкового аустеніту, який забезпечує достатню припрацьованість.

Структура серцевини зуба зубчастого колеса проміжного валу після обробки при зазначеному режимі – троосто-сорбіт відпуску (HRC 35-45), викривлення зубчастих коліс незначне. Твердість поверхні відпущеної сталі становить $(57-60)$ HRC.

Відновлення зношеного проміжного валу полягає у наплавленні зварним сталевим дротом марки Нп-30ХГСА діаметром $\varnothing 2$ мм під флюсом АН-348А на автоматі А1406 (номінальний зварювальний струм 1000 А; швидкість подачі електроду 50-500 м/год.; джерело живлення ВДУ-1001) з використанням ежекційної пневматичної установки, призначеної для прибирання та подачі флюсу. Перед наплавленням шийки підігрівають полум'ям газового пальника до $t = (220-240)$ °С).

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблений технологічний процес відновлення зношеного проміжного валу: вибрані технологічні бази та схеми усунення кожного дефекту; визначені проміжні припуски, допуски і розміри; наведений відповідний технологічний маршрут.

За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання НДС проміжного валу КПП вантажного автомобіля ЗіЛ-431510 (проведені розрахунки навантажень, діючих на проміжний вал; побудована у SolidWorks його твердотільна модель та вибраний європейський еквівалент матеріалу – сталь 18CrMo4; проведений вибір кріплення проміжного валу та прикладення навантажень до нього; створена сітка скінченних елементів з наступним розрахунком НДС). Наведені контурні графіки сумарних напружень von Mises, переміщень URES, деформацій ESTRN і запасу міцності FOS. Встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності проміжного валу, виготовленого зі сталі 18ХГМ ($n = 3,527$), більший допустимого ($[n] = 3,0$), що гарантує його працездатність.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. ЗіЛ-431510 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://es.wheelsage.org/zil/130/pictures/czd0t6>
2. ЗІЛ 4314 6.0 МТ 431510 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.drom.ru/catalog/lcv/zil/4314/333281/>
3. ЗІЛ 431510 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://specavto.ru/marks/zil/gruzovye-avtomobili/celnometallicheskie-gruzoviki/431510/>
4. ЗіЛ-431510 бортовий автомобіль-тягач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uncle-vova.com/card/zil-431510-bortovoj-avtomobil-tjagach/>
5. Коробка передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коробка_передач
6. Характеристика коробки передач ЗіЛ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.opex.ru/press/articles/kharakteristika-korobki-peredach-zil/>
7. Будова та робота коробок передач ЗІЛ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vpl.org.ua/news/10-50-56-07-04-2020/>
8. Основні несправності коробки передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjg7sCOge-IAxVZhv0HHSihDTAQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fsb896dcc7b1608832.jimcontent.com%2Fdownload%2Fversion%2F1513114114%2Fmodule%2F13459655027%2Fname%2F%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2586%25D1%2596%25D1%2597%2520%25D0%25B1%25D1%2583%25D0%25B4%25D0%25BE%25D0%25B2%25D0%25B0%2520%25D0%25B0%25D0%25B2%25D1%2582%25D0%25BE%25D0%25BC%25D0%25BE%25D0%25B1%25D1%2596%25D0%25BB%25D1%258F%2520%25D0%2586%25D0%2586.pdf&usg=AOvVaw24mDVEHLJFB5dM-IU9zDbX&opi=89978449>

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Все про ремонт КПП ЗИЛ 130 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://candi.kazavtoy.cx.ua/articles/vse-pro-remont-kpp-zil-130.html>
10. Технічне обслуговування коробки передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://avtocentr.sumy.ua/tehnichne-obslugovuvannya-korobky-peredach/>
11. Технічне обслуговування (КПП) коробки передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zauto.com.ua/tekhnichne-obsluhovuvannya-kpp/>
12. Технічне обслуговування коробки передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5740637/page:3/>
13. Основні несправності та ТО коробки передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ncpn.net.ua/nespravnost-korobki-peredach.html>
14. Ремонт КПП ЗИЛ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.snabavto.by/sto/remont/remont-kpp-zil/>
15. Технологія ремонту коробок передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7709007/page:28/>
16. Короткі відомості про методи виготовлення зубчастих коліс, їх конструкціях, матеріалах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://detalmach.ru/lect4.htm#_Краткие_сведения_о
17. Матеріали і термообробка зубчастих коліс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.webrarium.ru/transmission-material.html>
18. Матеріали, вживані для створення шестірень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.zuborez.ru/news/materialy_primenjaemye_dlja_sozdanija_shesteren
19. Матеріали, вживані для зубчастих коліс, їх термічна і хіміко-термічна обробка (ХТО) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://matved.ru/materialu-zubchatuh-koles>
20. Вибір марок сталей для зубчастих коліс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reductory.ru/literatura/detali-mashin-kuklin/eyubor-marok-stalei-dlya-zubchatyuh-koles/>

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Повний перелік конструкційних марок сталі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.dss-ua.com/rus/product/grades/structural_steel/catalogue.wbp?catalog.page=6

22. Конструкційна сталь [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metavto.ru/poleznaya-informaciya/konstrukcionnaya-stal/>

23. Cross reference table for Steel 18HGM (PN) and its European equivalent 18CrMo4 (1.7243) (EN) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.steelnumber.com/en/equivalent_steel_iron_eu.php?zname_id=4244

24. Міжнародні аналоги сталей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avglob.org/reference/mezhdunarodnye-analogi-staley.html>

25. 18HGM Сталь конструкційна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mashinform.ru/marochnik/zarubezhnye-analogi/stal-konstrukcionnaya/18hgm-obj5017.html>

26. Піч з викотним подом СДО-8,5.16.8,5/12,5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bortek.ua/ua/promyshlennye-ehlektropechi/pechi-vykatnym-podom/sdo-8-16-8-1250>

27. Шахтна піч для цементації СШЦМ-6.10/10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bortek.ua/ua/promyshlennye-ehlektropechi/pechi-tsementatsii-stali/shahtnaya-sshcm-6-10-10>

28. Електрична шахтна піч ПШО 7.10/7 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[https://www.google.com/imgres?q=електрична%20шахтна%20піч%20ПШО%2010.40%2F7\(И1\).&imgurl=https%3A%2F%2Fwww.nakal.ru%2Fupload%2Fmedialibrary%2Ffc2d%2Fwgingq76xnwzhlsji8ym88v4agijtht21%2F%25D0%259F%25D0%25A8%25D0%259E%25207.10.7%2520.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.nakal.ru%2Fcatalog%2Felektropechi%2Ftermoobrabotka-tsvetnykh-metallor%2Fshakhtnye%2Fpsho-7-10-7-%2F&docid=gxxOcdJf75AbIM&tbnid=SCHs1-oTPhnx9M&vet=12ahUKEwjI9aCjiPKIAxVDhIkEHeUTF44QM3oECEkQAA..i&w=1024&h=990&hcb=2&ved=2ahUKEwjI9aCjiPKIAxVDhIkEHeUTF44QM3oECEkQAA](https://www.google.com/imgres?q=електрична%20шахтна%20піч%20ПШО%2010.40%2F7(И1).&imgurl=https%3A%2F%2Fwww.nakal.ru%2Fupload%2Fmedialibrary%2Ffc2d%2Fwgingq76xnwzhlsji8ym88v4agijtht21%2F%25D0%259F%25D0%25A8%25D0%259E%25207.10.7%2520.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.nakal.ru%2Fcatalog%2Felektropechi%2Ftermoobrabotka-tsvetnykh-metallor%2Fshakhtnye%2Fpsho-7-10-7-%2F&docid=gxxOcdJf75AbIM&tbnid=SCHs1-oTPhnx9M&vet=12ahUKEwjI9aCjiPKIAxVDhIkEHeUTF44QM3oECEkQAA..i&w=1024&h=990&hcb=2&ved=2ahUKEwjI9aCjiPKIAxVDhIkEHeUTF44QM3oECEkQAA)

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Дяченко С. С. Матеріалознавство / С. С. Дяченко, І. В. Дощечкіна, А. О. Мовлян, Е. І. Плешаков. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2007. – 440 с.

30. Нітроцементация [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Нітроцементация>

31. Сушко О.В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. – 232.

32. Вибір раціонального способу усунення основних дефектів деталі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9873870/page:8/>

33. Методи відновлення деталей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://speranza-ua.com/news/metody-vosstanovleniya-detalej/>

34. Вибір методів відновлення деталей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9021445/page:2/>

35. Клименко В.М. Технологія конструкційних матеріалів. Частина третя. Основи механічної обробки матеріалів. Навчальний посібник / В.М. Клименко, О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук. – Вінниця: УНІВЕРСУМВінниця, 2008. – 73 с.

36. Вайнтрауб М. А. Технологія верстатних робіт: навч. пос. для проф.-техн. навч. закладів / М. А. Вайнтрауб, В. Й. Засельський, Д. В. Пополов. – К.: Інститут ПТО НАПН України, 2015. – 199 с.

37. Рудик О. Застосування SolidWorks для підготовки висококваліфікованих фахівців / О. Рудик, П. Каплун, В. Гончар // Актуальні проблеми в системі освіти: заклад загальної середньої освіти – доуніверситетська підготовка – заклад вищої освіти: зб. наук. праць матеріалів VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 17 лютого 2022 р., м. Київ, Національний авіаційний університет. – К.: НАУ, 2022. – С. 699-706.

38. Rudyk O. Yu. Application of SolidWorks is for professional preparation of specialists / O. Yu. Rudyk, P. V. Kaplun, V. A. Gonchar // II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» : збірник тез доповідей (електронне видання) (м. Полтава, 22–23 лютого 2022 року). – Полтава : ПУЕТ, 2022. – С. 140-146.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

39. Rudyk O. Investigation of a universal puller of bearings with SolidWorks /O. Rudyk, P. Kaplun, V. Honchar // Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ITMM'2022: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 18 травня 2022 р.) / Міністерство освіти і науки України, Український державний університет науки і технологій, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» та ін. – Дніпро : НМетАУ, 2022. – С. 248-251.

40. 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.

41. Рудик О. Ю. Методологія використання ІКТ на базі SolidWorks / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // Сучасні інформаційні технології в освіті і науці : 3 Всеукр. наук. Інтернет-конф., 26-27 березня 2021 р. : (зб. матеріалів) / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини, Ін-т інформаційних технологій і засобів навч. НАПН України [та ін.] ; [редкол.: Медведєва М.О. (голов. ред.), Ткачук Г.В., Жмуд О.В., [та ін.]. – Умань : Візаві, 2021. – С. 120-122.

42. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks у навчальному процесі / О. Ю. Рудик Н. С. Маріїн, С. І. Ярощук // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. – Полтава: КУЕП ПДАА, 2020. – С. 96-100.

43. 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.

44. Рудик О. Ю. Математичне моделювання пристосувань для ремонту автотранспорту на основі SolidWorks Simulation / О. Ю. Рудик, С. В. Турицький // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей шістнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 23 квітня 2021 р. – Одеса: ОНУ, 2021. – С. 77-79.

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

45. Рудик О. Ю. Дослідження можливості заміни матеріалу деталі автомобіля за допомогою SolidWorks Simulation / О. Ю. Рудик, А. А. Тарашевський // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. – Полтава : КУЕП ПДАА, 2020. – С. 100-102.

46. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник. Книга 2 / Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. – 348 с.

47. Автомат А-1406[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://standart-pribor.com.ua/product/avtomat-a-1406/>

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

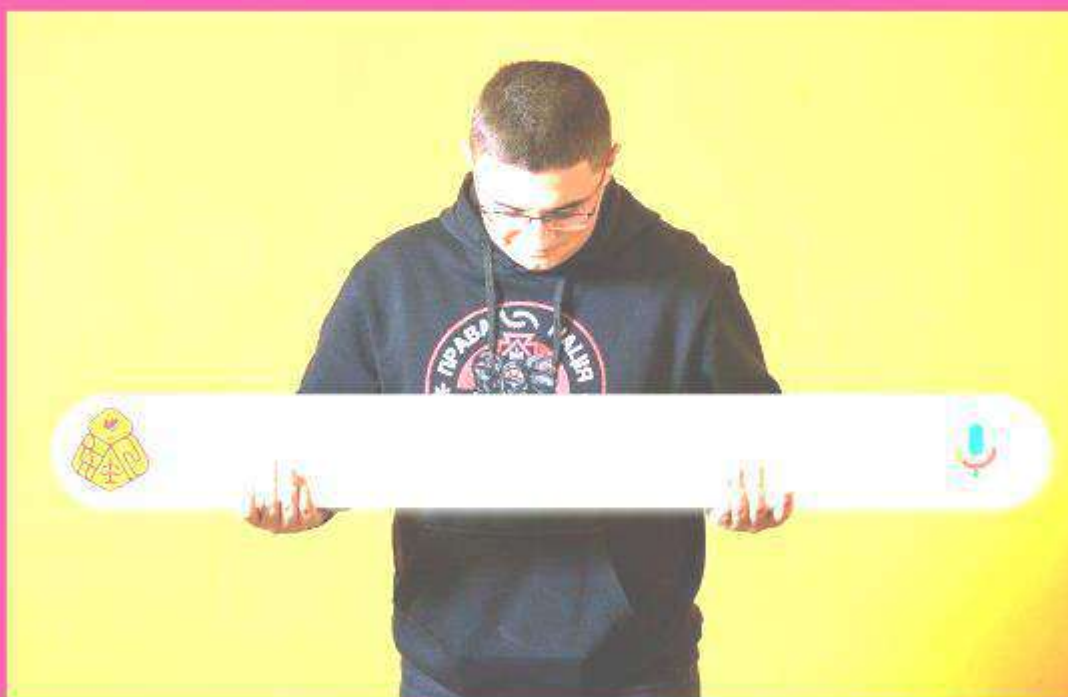
					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наукові праці

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

IV Міжнародна науково-практична
інтернет-конференція

**«Ресурсно-орієнтоване навчання в
«3D»: доступність, діалог,
динаміка»**



22-23 ЛЮТОГО 2024 РОКУ
ПОЛТАВА 2024

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

83

ВСП «Фаховий коледж управління, економіки і права Полтавського державного аграрного університету» (Україна)
Полтавський державний аграрний університет (Україна)
Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка (Україна)
Полтавський державний медичний університет (Україна)
Полтавський університет економіки і торгівлі (Україна)
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (Україна)
Миколаївський національний аграрний університет (Україна)
EDCI College of Education (США)
University of Louisiana at Lafayette (США)
Аріельський університет (Ізраїль)
Білостоцький університет (Польща)
Університет Яна Євангелісти Пуркіне (Чехія)
Школа іноземних мов та літератури Університету Ланьчжоу (Китай)

IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка»

Збірник тез доповідей

22–23 лютого 2024 року

м. Полтава

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Rudyk Oleksandr Yuhymovych
Vavrenyuk Vitalii Oleksandrovyh
Nemesh Ivan Myhailovych
Pidgurnyak Vladyslav Olegovych**

**MOODLE AS AN INFORMATION AND EDUCATIONAL
ENVIRONMENT OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION**

The basis of the educational process at the Khmelnytskyi National University (KhmNU – <https://khmnu.edu.ua/en/>) is the a modular learning environment (MLE – <https://msn.khmnu.edu.ua/>) [1], based on Moodle (an acronym for Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) – an educational platform intended for to

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

unite teachers, administrators and students in one reliable, secure and integrated system to create a personalized learning environment [2].

Moodle is a free, open (Open Source) learning management system. It implements the philosophy of "social constructivism pedagogy" and is focused, first of all, on the organization of interaction between the teacher and students, although it is also suitable for the organization of traditional distance courses, as well as supporting face-to-face learning.

Moodle is written in PHP using a SQL database (MySQL, PostgreSQL or Microsoft SQL Server). Moodle can work with SCO objects and complies with the SCORM standard.

Moodle has a broad set of functionalities typical of e-learning platforms, course management systems (CMS), learning management systems (LMS) or virtual learning environments (VLE). Moodle enables educators to create effective online learning sites. Moodle can be used both in student training and in professional development and business training. By default, Moodle includes the TCPDF library, which allows you to generate PDF documents from pages. [2]. You can get more detailed information on the website [3].

In the Moodle environment, students receive:

- access to educational materials (texts of lectures, assignments for practical/laboratory and independent work; additional materials – books, handbooks, manuals, methodological developments and tools for communication and testing "24/7");
- tools for group work (Wiki, forum, chat, seminar, webinar);
- the possibility of reviewing the results of the distance learning course by the student;
- the possibility of communication with the teacher through personal messages, forum, chat;
- the ability to download files with completed tasks and use reminders about events in the course.

Teachers are given the opportunity to:

- use of tools for the development of author's distance courses;
- placement of educational materials (texts of lectures, tasks for practical/laboratory and independent work; additional materials – books, handbooks, manuals, methodological developments) in .doc, .odt, .html, .pdf formats, as well as video, audio and presentation materials in various formats and through additional plugins;
- adding various elements of the course;
- quick modification of educational materials;
- automation of the knowledge verification process, reports on students' completion of the course;
- adding various plug-ins to the course allows the teacher to use various third-party software tools for distance learning.

					MPTAM 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Let's take a closer look at the following Moodle options, such as the ability for students to view test results, and for teachers:

- use different types of tests (supported formats: GIFT, Aiken, Moodle XLS);
- автоматично формувати тести та звітів про їх проходження студентами.

Computer testing allows you to expand the possibilities of conducting individually adapted procedures for control and correction of knowledge of specific topics, to increase the objectivity of knowledge control, to increase the level of standardization of requirements for the volume and quality of knowledge and skills, to ensure the possibility of conducting preliminary self-control.

The environment in which pedagogical measuring materials are placed provides:

- formation and introduction of a bank of test tasks;
- authentication and identification of the tested person;
- input, correction and deletion of test tasks;
- formation of tests based on a bank of test tasks;
- flexible grading scale for each test;
- implementation of all possible parameters of the testing process: limitation of testing time (one task and the entire test as a whole), arrangement of different test options from available test tasks by the teacher or the system;
- implementation of the algorithms of the presented test tasks in a strict sequence, in a random order, according to increasing complexity or in accordance with the knowledge control algorithm;
- formation and storage of an administrative bank of test tasks, initial forms of test results; collection and processing of statistical information based on the results of testing.

The KhmNU website, in the MLE section, also contains a teaching methodology for the disciplines of the information block, which is based on the formulation of requirements for the level of training of students in a diagnostic form. One of the sections of the MLE is a system for computer interactive testing, which is built on client-server technology; an internet browser is used as a client. The client workplace can be any computer connected to a computer network with a browser installed on it. Installation of additional software on the client computer is not required.

The testing subsystem is an important part of MLE, as it partially takes over the functions performed by the teacher in the traditional system. The interactive system allows you to create one of the following types of test questions in the Word editor based on a special template:

- statement (Yes/No);
- on correspondence between the elements of two lists;
- a short answer (changing the status of the answer from correct to incorrect and vice versa);
- numerical question (answer in the form of a number);
- multiple choice (the question can allow both one and several correct answers);
- with a missing word (students see underscores on the screen; their task is to correctly enter the missing word in the phrase).

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The editor of test tasks allows you to insert graphic objects and formulas into questions.

The main criteria for creating a test shell:

- a test containing questions on one or more pages;
- question bank, which stores copies of all questions, grouped into categories;
- random order of questions – a student receives different questions at each test attempt, different students may receive different questions.

The test package consists of several software modules:

1. Editing test parameters:

a) general parameters of the test (name of the test; description);

b) time selection:

- selection of the start and end time of testing (possibility of testing in a certain period of time, for example, after studying this section of the curriculum);
- time limit (test duration and countdown timer are displayed) – s., min., h., days, weeks;

- when the time is running out (this parameter determines what will happen if the student does not meet the allotted time for passing the test);

- the answers must be sent by the user before the end of the time, otherwise they will not be counted;

- ready answers are sent automatically;

- a grace period is provided, when ready answers can be sent without the possibility of answering other questions.

c) assessment:

- assessment category (current or credit);

- number of allowed attempts (unlimited, 1-10);

d) assessment method (if students are allowed to take the test several times, the resulting assessment for the test can be calculated differently):

- the best grade (the best grade from all attempts is considered the final grade);

- average grade (the average grade of all attempts is calculated);

- the first attempt (the first attempt is taken into account, other attempts are ignored);

- the last attempt (the final grade is the grade of the last attempt).

e) format:

- order of questions (random or specific order);

- a new page (for long tests, it is better to stretch the test to several pages by setting a limit on the number of questions per page; when adding questions to the test, page breaks will be inserted automatically, according to the settings; the page break can then be moved manually on the editing page) – all questions on one or more pages;

- navigation method (when sequential navigation is enabled, the student will be forced to answer questions sequentially and will not be able to return to the previous page or skip a page with the possibility of returning) – free, sequential.

f) presentation of a separate issue:

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- random order of answers (questions are shuffled randomly on each test attempt) – yes or no;
- g) obtaining the result:
 - adaptive mode (learning mode – hint of correct answers-comments);
 - adaptive mode without penalty points;
 - interactively after several attempts (after an incorrect answer, you get the right to retry with a lower grade;
 - immediately after the answer;
 - immediately after the answer with a mark of the degree of confidence;
 - after sending the entire test;
 - after sending the entire test with a mark of the degree of confidence;
 - manual assessment;
 - each attempt depends on the previous attempt (indication of the result of the previous attempt – allows you to complete the test within several attempts) – yes or no;
 - g) options for viewing the test result (during the attempt; immediately after the attempt; while the test is still open; after the test is closed):
 - the entire test (if the student can consider the attempts);
 - whether the answer is correct ("correct", "partially correct" or "incorrect" with color highlighting);
 - points for the test (for each question and for the entire attempt);
 - comments for individual questions (feedback that depends on the student's answer);
 - summary of the correct answer (explanation of the correct solution for feedback);
 - comment on the result (feedback is given at the end of the test).
 - h) show:
 - student's photo and name (if the checkbox is checked, the student's name and image will be shown on the screen during the test, which allows you to check the student's identification) – yes or no;
 - the number of decimal places in the assessment for the test – 0-5;
 - the number of decimal places in the evaluations for individual questions – 0-5;
 - blocks when trying to pass the test – yes or no.
- 2. Editing of the test (possibility of changing the name of the test; the number of points; the maximum score; bank and category of questions; random questions from the category and subcategories, etc.).
- 3. Viewing the test (possibility of changing the category, title and text of each question; number of correct answers; answer numbering and answer options; settings for multiple attempts; penalties for each incorrect attempt; text hints; tags; locally assigned roles; rights in the test, etc.).
- 4. Management of grades (grades log; resulting report; user scale – ECTS, passed/failed, domestic – unsatisfactory, satisfactory, good, excellent; setting of course

					MPTAM 24.23598.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

grades); the course grade setting options determine how the grade log will look for all course participants.

5. Additional parameters:

- import of CSV files, XML files;
- export of OpenDocument spreadsheets, Excel, XML files, text files;
- the possibility of creating backup copies, importing data from other courses, restoring parameters.

The use of computer testing allows you to test the knowledge of large groups of students in the shortest possible time, to identify shortcomings in the presentation of educational material, and to apply methods of mathematical statistics to assess the degree of its assimilation. Often, students prefer testing to other methods of knowledge control, considering it more objective.

The purpose of tests and testing systems is to act as a learning process management tool, an element of feedback that makes it possible to analyze the learning process, make adjustments to it, that is, to fully manage the learning process. In this case, the educational process can be defined as a system of continuous monitoring and self-monitoring of students, which, together with the modular approach to the construction of the educational course, makes it possible to improve the quality of education as a whole.

References

1. Psyol S. V., Rudyk O. Yu., Tokarchuk M. M. Methods and means for intensifying the assimilation of educational material from technical and military disciplines. *Collection of scientific works of the National Academy of the State Border Service of Ukraine. Series: pedagogical sciences* / head. ed. O. V. Didenko. Khmelnytskyi: NADPSU Publishing House, 2021. No. 1(24). P. 366-392.
2. Moodle. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Moodle>
3. Materials for developers on creating electronic educational resources. URL: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=131>

Soloshych Iryna

THE MODEL OF FORMATION OF DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE ELECTRICAL SPECIALISTS AS A DIRECTION OF DEVELOPMENT OF THE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF THE EDUCATIONAL INSTITUTION

In the context of the processes of European integration in education, the education system of Ukraine has undergone significant structural and substantive changes. The learning process should be aimed at the gradual formation of the appropriate system of knowledge, abilities, skills and professional competences in students, including digital competence (DC) as an important component of professional competence. At the same time, the construction and implementation of a model for the formation of digital competence of future electrical specialists during distance learning is one of the directions of the development of the information and educational environment of the educational institution.

					MPTAM 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графічне забезпечення дипломної роботи

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формат	Знач	Вла	Позначення	Найменування	Кол	Прим
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Кришка коробки передач	1	
		2		Синхронізатор	1	
		3		Синхронізатор	1	
		4		Барaban стоянкового гальма	1	
		5		Механізм перемикання передач	1	

				<u>Деталі</u>		
		6		Прокладка		набір
		7		Фланець	1	
		8		Вал проміжний	1	
		9		Колесо зубчасте	1	
		10		Колесо зубчасте	1	
		11		Колесо зубчасте	1	
		12		Колесо зубчасте	1	
		13		Колесо зубчасте	1	
		14		Колесо зубчасте	1	
		15		Колесо зубчасте	1	
		16		Колесо зубчасте	1	

		17		Колесо зубчасте	1	
		18		Колесо зубчасте	1	
		19		Муфта	1	
		20		Кришка підшипника	1	
		21		Кришка підшипника	1	
		22		Кришка підшипника	1	
		23		Вал-шестерня	1	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

93

		<u>Стандартні вироби</u>	
		Підшипник ДСТУ 8338-75	1
25		Підшипник ДСТУ 8338-75	1
26		Підшипник ДСТУ 8338-75	1
27		Підшипник ДСТУ 8328-75	1
28		Манжета ДСТУ 6402-80	1
29		Болт ДСТУ 15589-70	2
30		Болт ДСТУ 15589-70	2
31		Болт ДСТУ 15589-70	1
32		Шайба ДСТУ 6402-70	2
33		Шпонка ДСТУ 24071-97	5

Технічна характеристика

- 1 *Передаточні числа (по передачам): першої-4,6; другої-3,16; третьої-2,39; четвертої-1,47; п'ятої-1; задньої-4,12.*
- 2 *Крутний момент на первинному валу, Н·м* 145
- 3 *Частота обертання первинного вала, хв⁻¹* 2800

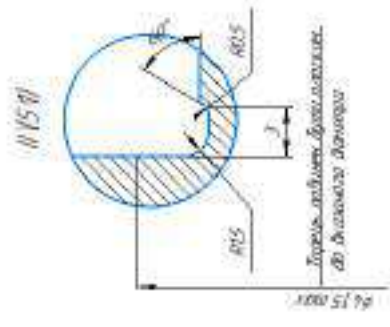
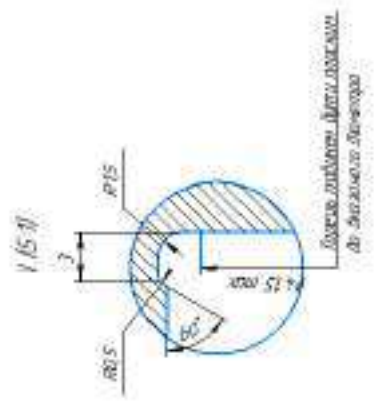
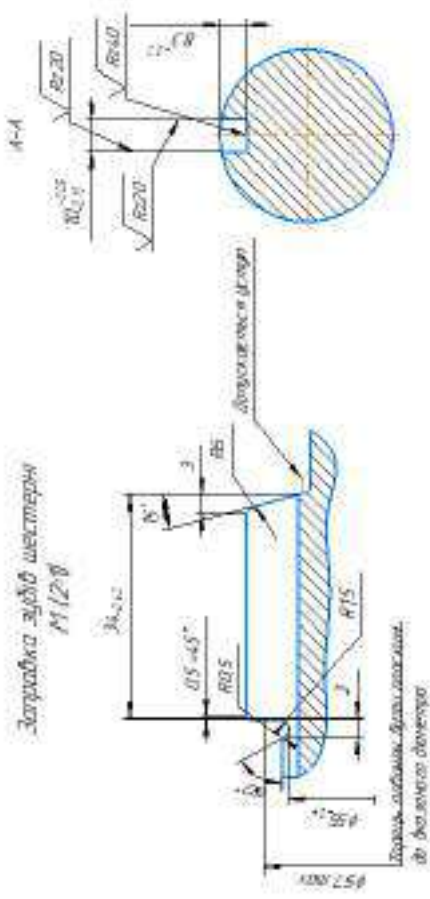
Технічні вимоги

- 1 Усі параметри та розміри – для довідок.
- 2 Використати мастило ТСП-15К об'ємом 10,5 л.
- 2 Перед кінцевим складанням площину роз'єма покрити пастою типу Герметик.
- 3 При складанні редуктора величина сумарного осьового зазора кулькових радіальних однорядних підшипників повинна бути відрегульована у межах:
0,2...0,5 мм на валах.
- 4 Необроблені поверхні коробки фарбувати:
всередині – маслянистою фарбою, зовні – атмосферостійкою нітроемаллю сірого кольору.

Рисунок Б1 – КПІ бортового автомобіля-тягача ЗіЛ-431510 (Compas-3D)

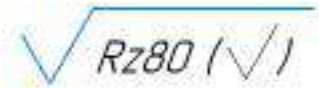
					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заготовка згідно шістьерні
M1 (2) Ø



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

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ



<i>Модуль</i>	<i>4,25</i>
<i>Профільний кут вихідного контура</i>	<i>20°</i>
<i>Зміщення вихідного контура</i>	<i>+2,2</i>
<i>Висота зуба вихідного контура</i>	<i>1,9m</i>
<i>Число зубів</i>	<i>13</i>
<i>Діаметр ділильного кола</i>	<i>55,25</i>
<i>Висота головки зуба</i>	<i>5,6</i>
<i>Повна висота зуба</i>	<i>7,863</i>
<i>Товщина зуба по дузі ділильного циліндра</i>	<i>8,278</i>
<i>Відстань між центрами</i>	<i>123,25</i>

- 1. Нітроцементувати h 0,8...1,1
твердість поверхні HRC 57...60, крім
місця, позначеного особливо.
На поверхнях $D, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$ допускається
пониження твердості до HRC 40.
Твердість серцевини HRC 35...45*
- 2. Невказані граничні відхилення розмірів
для отв. +H, для валів -h, лінійні розміри
по IT $\pm \frac{14}{2}$. ДСТУ Р 5346-95.*

Рисунок Б2 – Проміжний вал КПП ЗіЛ-431510 (Compas-3D)

Таблиці дипломної роботи

					МРТАМ 24.23598.000 ПЗ	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця В1 – Технологічний маршрут відновлення проміжного валу КПП

Номер операції	Код, найменування і зміст операції	Устаткування	Верстатне пристосування і допоміжний інструмент	Інструмент	
				Різець	Вимірювальні
005	<p>Токаря:</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити деталь на оправку і закріпити Встановити оправку в центр Точити зовнішню поверхню, витримуючи розмір $\varnothing 53,50$, Ra 0,8 мкм Точити зуби шліш, витримуючи розмір $3,5 \times 45^\circ$ Перевірити розмір $\varnothing 53,50$; Ra 0,8 мкм Зняти деталь з верстата та укласти в тару 	<p>Токарно-гвинторізний верстат мод. 16N20</p>	<p>Оправка спеціальна Ключ 7811-0043 ДСТУ 2839-80 Центр 7032-0035 Морзе 4 ДСТУ 13214-79 Центр А-1-4-Н ДСТУ 8742-75</p>	<p>Різець прохідний 2102-0005 ДСТУ 18877-75 СОЖ - Українол-1 3,5% ТУ 38-101-197-76</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-П - 160-0,1 ДСТУ 166-89 (053,50) Зразок шорсткості Ra 0,8 ДСТУ 9378-75</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

100

010	<p>Наплавлення від шаром флюсу:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити деталь в патрон і закріпити. 2 Відцентрувати деталь по зовнішній поверхні з точністю до 0,5 мм 3 Обробити зовнішню поверхню від мотила, бруду, іржі 4 Наплавити зовнішню поверхню деталі, зовнішню шляхову мірку і внутрішню розмір $\varnothing 53,50 -0,018$ 5 Перевірити якість наплавлення. Наплавлений шар має бути рівним без рябовані і неродівців 6 Перевірити розмір $\varnothing 53,50 -0,018$ 7 Зняти деталь з верстата і укласти в тару 	<p>Товаро-гвинторезний верстат мод. 1К62</p> <p>Наплавлявальна голівка мод. А580-м</p> <p>Випрямляч мод. ВДУ-505УЗ</p>	<p>Патрон трансулачковий 7100-0009 ДСТУ 2675-71</p>	<p>Дрив Нп50 ДСТУ 10543-82 (02) Флюс АН-348А ДСТУ 9087-81 ($\varnothing 53,50$) Ключ 7811-0023 С1х9 ДСТУ 2839-80 Молоток спеціальний Шкіра ЛСУ 600х30 14А 25Н ДСТУ 13344-79</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-П - 160-0,1 ДСТУ 166-89 (053,50)</p>
015	<p>Товари:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити деталь на оправлення і закріпити 2 Встановити оправлення в центр 3 Обкатати зовнішню поверхню кулькою, витримуючи Ra 0,8 мкм 4 Перевірити розмір $\varnothing 53,50$; Ra 0,8 мкм 5 Зняти деталь і укласти в тару 	<p>Товаро-гвинторезний верстат мод. 16К20</p>	<p>Оправка спеціальна Ключ 7811-0043 ДСТУ 2839-80 Центр 7032-0035 Морзе 4 ДСТУ 13214-79 Центр А-1-4-Н ДСТУ 8742-75</p>	<p>Оправка алмазна кулькова спеціальна</p>	<p>Зразок шорсткості Ra 0,8 ДСТУ 9378-75</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

101

020	<p>Круглошліфувальня:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити деталь на оправляння і закріпити 2 Встановити оправляння в центри 3 Шліфувати зовнішню поверхню, витримуючи розмір $\varnothing 53,50$, Ra 0,8 мкм 4 Перевірити розмір $\varnothing 53,50$, Ra 0,8 мкм 5 Зняти деталь і укласти в тару 	Круглошліфувальня верстат мод. 3А161	<p>Оправка спеціальна</p> <p>Ключ 7811-0043 ДСТУ 2839-80</p> <p>Центр 7032-0035 Морзе 4 ДСТУ 13214-79</p> <p>Центр А-1-4Н ДСТУ 8742-75</p>	<p>Крут</p> <p>шліфувальня ПШ 600×63×305</p> <p>24А2С1ЛК5 35</p> <p>м/с А-1 кл. ДСТУ 2424-83</p> <p>СОЖ - Укралол-1 2,3% ТУ 38-101-197-76</p>	<p>Мікрометр МК 100-150-0,01</p> <p>ДСТУ 6305-90 ($\varnothing 53,50$)</p> <p>Зразок шорсткості Ra 0,8 мкм ДСТУ 9378-75</p> <p>Індикатор НЧ 10Б кл. 1 ДСТУ 577-68</p> <p>Стійка С-Ш-8-50 ДСТУ 10197-70</p>
-----	---	---	--	---	---

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

102

Таблиця В2 – Технологічний маршрут відновлення проміжного валу КПП

№ операції	Код, найменування і номер операції	Устаткування	Вегетативне протистояння і допоміжний інструмент	Інструмент	
				Різальний, створений	випробувальний
005	<p>Товарна:</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити вал на оправку і закріпити. Установити оправку в цвентри. Точити зовнішню поверхню, виправлюючи розмір $\varnothing 44,99$, Ra 0,5 мкм. Точити зуби шлівів, виправлюючи розмір $3,5 \times 45^\circ$. Перевіряти розмір $\varnothing 44,99$ мм, шерсткість Ra 0, * мкм. Зняти вал з верстата та укласти в тару. 	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	<p>Оправка спеціальна</p> <p>Ключ 7811-0043</p> <p>ДСТУ 2839-80</p> <p>Центр 7032-0035 Морзе 4</p> <p>ДСТУ 13214-79</p> <p>Центр А-1-4-Н</p> <p>ДСТУ 8742-75</p>	<p>Різець</p> <p>прохідний</p> <p>2102-0005</p> <p>ДСТУ 18877-73</p> <p>СОР - Універс-1</p> <p>3,5% ТУ 38-101-197-76</p>	<p>Штангенциркуль</p> <p>ШЦ-П - 160-0,1</p> <p>ДСТУ 166-89</p> <p>(033,50)</p> <p>Зразок шерсткості</p> <p>Ra 0,8</p> <p>ДСТУ 9378-75</p>

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

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

103

010	<p>Наплавлення під шаром флюсу:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити вал у патрон і закріпити. 2. Відцентрувати вал по зовнішній поверхні з точністю до 0,50 мм. 3. Очистити зовнішню поверхню валу від мастила, бруду та іржавини. 4. Наплавити зовнішню поверхню валу, збиваючи шлакову корку з загрозливою розміру $\varnothing 4,99_{-0,116}^0$ мм. 5. Перевірити якість наплавленого валу – наплавлений шар повинен бути рівним без раковин і нерівностей. 6. Перевірити розмір $\varnothing 4,99_{-0,116}^0$ мм. 7. Зняти вал з верстата та укласти в тару. 	<p>Токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62</p> <p>Наплавляюча ланка гетинакс А-580-М</p> <p>Випромова ВДУ-505УЗ</p>	<p>Патрон трансулаєсковий 7100-0009 ДСТУ 2675-71</p>	<p>Дріт Нп50 ДСТУ 10543-82 (02) Флюс АН-348А ДСТУ 9087-81 Ключ 7811-0023 С1-9 ДСТУ 2839-80 Молоток спеціалізований Шкурка ЛСУ 600x30 14А 23Н ДСТУ 13344-79</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-П-160-0,1 ДСТУ 166-89 (044,99)</p>
015	<p>Токарня:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити вал на оправку і закріпити. 2. Установити оправку в центри. 3. Обкатати зовнішню поверхню кульовою, витримуючи шорсткість Ra 0,8 мкм. 4. Перевірити розмір $\varnothing 4,99$ мм, шорсткість Ra 0,8 мкм. 5. Зняти вал та укласти в тару. 	<p>Токарно-гвинторізний верстат 16К20</p>	<p>Оправка спеціальна Ключ 7811-0043 ДСТУ 2839-80 Центр 7032-0035 Морзе 4 ДСТУ 13214-79 Центр А-1-4-Н ДСТУ 8742-75</p>	<p>Оправка з алюмінію кульовою спеціальна</p>	<p>Зразок шорсткості Ra 0,8 ДСТУ 9378-75</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ

Арк.

104

020	<p>Круглошліфувальна:</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити вал на оправку і закріпити. Установити оправку в цетри. Шліфувати зовнішню поверхню, впрямуючи розмір $\varnothing 44,99$ мм; шорсткість $Ra\ 0,8$ мкм. Перевірити розмір $\varnothing 44,99$ мм; шорсткість $Ra\ 0,8$ мкм. Зняти вал та укласти в гару. 	Круглошліфувальний верстат 3A161	Оправка спеціальна Ключ 7811-0043 ДСТУ 2839-80 Центр 7032-0035 Морзе 4 ДСТУ 13214-79 Центр А-1-4-Н ДСТУ 8742-75	Крут шліфувальний ПШ 600×63×305 24A25C17K5 35 м/с А-1 кл. ДСТУ 2424-83 СОР - Укривол-1 2,3%	Мікрометр МК 100-150-0,01 ДСТУ 6505-90 (053,50) Зразок шорсткості $Ra\ 0,8$ мкм ДСТУ 9378-75 Індикатор ІПЧ 10Б кл. 1 ДСТУ 577-68 Стійка С-Ш-8-50 ДСТУ 10197-70
-----	---	----------------------------------	--	--	---

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 24.23598.000 ПЗ