

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу ремонту шин автобусів  
МАЗ-206

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАС-41  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ Дмитрієвський С.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Навроцька Т.Д.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Левкович М.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Цьонь О.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Дмитрієвському Святославу Орестовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу перевірки геометрії керованих коліс автомобілів ЗИЛ – 508.10

Керівник роботи Навроцька Т.Д., к.т.н., ст.викл.

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

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту шин автобусів МАЗ-206

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Знос шин автобусів – А1;

Технологічна карта ремонту шин автобусів – 2А1;

Компресорна установка – А1;

Редуктор – А1;

Шиномонтажна дільниця – А1;

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.02.2023	
2	Технологічний розділ	08.03.2023	
3	Конструкторський розділ	12.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	04.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	22.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	21.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дмитрієвський С.О..

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Навроцька Т.Д.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу ремонту шин автобусів МАЗ-206».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра к.т.н., старший викладач Навроцька Т.Д.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 52 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 6 сторінок додатків.

Ключові слова: шинний матеріал, дефекти, методи діагностики, процедури ремонту, обладнання

## ЗМІСТ

<b>Вступ.....</b>	<b>6</b>
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>7</b>
1.1 Детальний огляд шин автобусів МАЗ.....	7
1.2 Огляд заходів з управління ресурсом шин.....	7
1.3 Огляд заходів по збереженню ресурсу шин автобусів.....	12
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>14</b>
2.1 Основні несправності шин.....	14
2.2 Способи виявлення несправностей та ремонт шин.....	15
2.3 Складання технологічних карт на ремонт вантажної шини.....	16
2.4 Розрахунок і вибір технологічного обладнання.....	21
2.5 Розрахунок площі шиномонтажного поста.....	23
2.6 Розрахунок вартості модернізації пристосування для накачування шин... ..	23
2.7 Розрахунок економічної ефективності від підвищення продуктивності компресорної установки.....	27
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>28</b>
3.1 Обґрунтування доцільності проведення модернізації пристосування.....	28
3.2 Конструкторський розрахунок компресора.....	29
3.3 Розрахунок редуктора.....	31
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....</b>	<b>43</b>
4.1 Техніка безпеки при роботі з компресорними установками.....	43
4.2 Класифікація причин виробничого травматизму.....	46
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>49</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>50</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

Шини є одними з найважливіших компонентів автобусів МАЗ-206, оскільки вони відповідають за безпеку, комфорт та ефективність перевезень. Проте, під час експлуатації шини можуть піддаватися різноманітним видам пошкоджень, таким як проколи, порізи, стирання протектора та інші дефекти, що можуть призводити до зменшення тривалості їх служби та негативно впливати на ефективність роботи автобусів.

У зв'язку з цим, розробка ефективного технологічного процесу ремонту шин автобусів МАЗ-206 є важливим завданням для забезпечення надійності та безпеки перевезень. Цей процес включає в себе комплексну послідовність кроків, які дозволяють відновити пошкоджену шину до прийняттого рівня якості та функціональності.

Розробка технологічного процесу ремонту шин автобусів МАЗ-206 передбачає вивчення особливостей шинного матеріалу, визначення оптимальних методів виявлення та ремонту пошкоджень, а також розробку необхідного обладнання та інструментів для виконання процесу. Крім того, велику увагу приділяється контролю якості ремонтних робіт з метою забезпечення високої стандартності та безпеки шин.

Ефективний технологічний процес ремонту шин автобусів МАЗ-206 може принести численні переваги, такі як збереження витрат на заміну шин, підвищення тривалості їх служби, поліпшення комфорту та безпеки перевезень. Правильно розроблений процес ремонту шин сприятиме підтримці оптимального тиску у шинах, відновленню протектора та ремонту пошкоджень, що дозволить зберегти оптимальні характеристики шин та покращити їх робочі параметри.

Отже, розробка технологічного процесу ремонту шин автобусів МАЗ-206 є важливим завданням, яке спрямоване на поліпшення ефективності та тривалості служби шин, забезпечення безпеки та надійності автобусного транспорту.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Детальний огляд шин автобусів МАЗ

Розмір шини: Автобуси МАЗ зазвичай використовують шини розміру 315/80 R22.5. Ці шини мають широкий профіль і достатнє покриття для автобусів.

Тип шини: Найпоширенішим типом шин для автобусів МАЗ є радіальна шина (Radial). Цей тип шини має вищу надійність і забезпечує кращий комфорт пасажиром під час поїздки.

Вантажопідйомність: Шини для автобусів МАЗ мають високу вантажопідйомність, що дозволяє перевозити велику кількість пасажирів та вантажу. Вантажопідйомність шин залежить від їх конкретної марки і моделі.

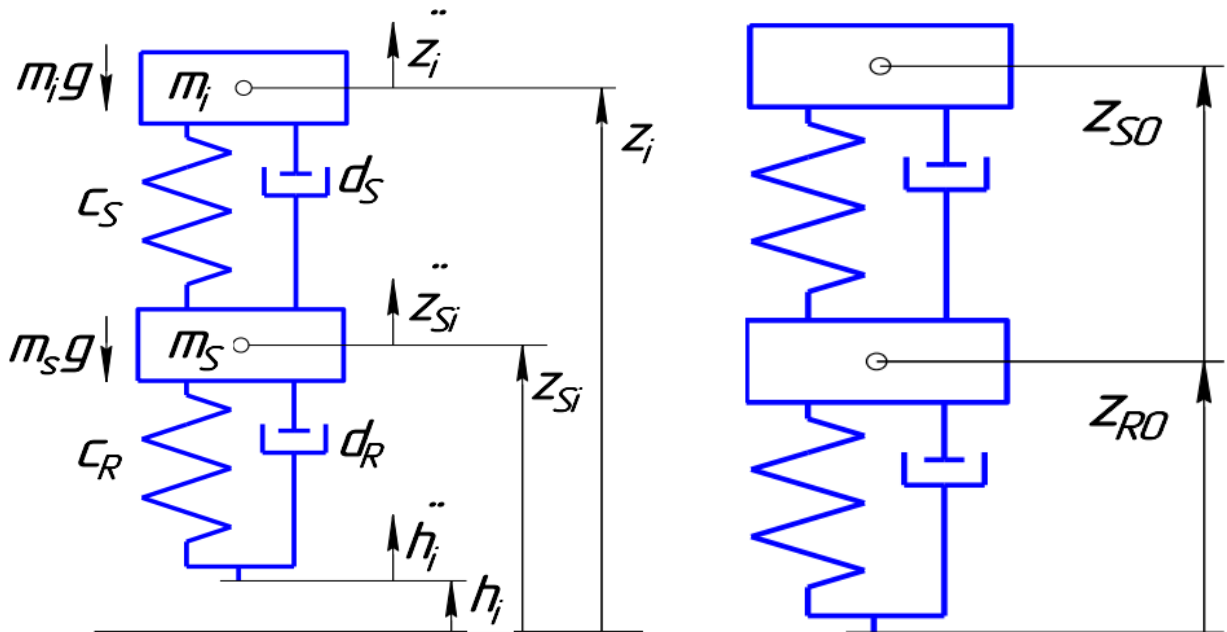
Характеристики гуми: Шини для автобусів МАЗ зазвичай мають глибокий протектор, який забезпечує краще зчеплення з дорогою, особливо в умовах поганої погоди. Вони також можуть мати покращену стійкість до зносу, що дозволяє їм тривало служити перед безпеки і надійності.

Важливо зазначити, що вибір шин для автобусів МАЗ повинен здійснюватися з урахуванням конкретних умов експлуатації і вимог транспортної компанії. Регулярне перевіряння стану шин, належний тиск і заміна зношених шин допоможуть забезпечити безпеку і ефективну експлуатацію автобусів МАЗ.

## 1.2 Огляд заходів з управління ресурсом шин

За допомогою методу математично-статистичних експертних оцінок встановлено, що різні експлуатаційні чинники мають різний вплив на знос шин автобусів. Виявлено, що особливі умови експлуатації, дорожньо-кліматичні умови, використання пасажиромісткості автобусів і їхнє використання в містах і населених пунктах є найбільш важливими факторами з точки зору зносу шин. Ці висновки базуються на експертних оцінках з 95%-ою ймовірністю.

Для створення динамічної моделі подолання перешкоди автомобілем проведено дослідження впливу динамічних процесів на інтенсивність зношування шин.



а) підресорене кероване колесо.

б) розвантажене кероване колесо.

Рис.1.1. Розрахункова схема.

Для формулювання рухових рівнянь автобуса потрібно враховувати певні припущення. Одним з таких припущень є використання моделі, в якій траєкторія автобуса при постійній швидкості руху враховується як нерівності дорожнього покриття, представлені функцією часу (ці нерівності впливають на динаміку руху залежно від швидкості). Крім того, пружинні елементи змодельовані як лінійні компоненти. Розрахункова схема представляє собою динамічну модель, що складається з двох масових елементів.

Якщо враховувати максимально відкриту позицію підресорювання покриття  $z_{R0}$  і керованого колеса  $z_{S0}$ , то диференційні рівняння мають вигляд:

$$m_S \ddot{z}_{Si} = -m_S g + c_R (z_{R0} - z_{Si} + h_i) - d_R (\dot{z}_{Si} - \dot{h}_i) + c_S (-z_{S0} - z_{Si} + z_i) + d_S (\dot{z}_i - \dot{z}_{Si}); \quad (1.1)$$

$$m_i \ddot{z}_i = -m_i g + c_S (z_{S0} - z_i + z_{Si}) - d_S (\dot{z}_i - \dot{z}_{Si}), \quad (1.2)$$

На рисунку 1.2 показане моделювання вертикальної динаміки в рамках даної моделі.



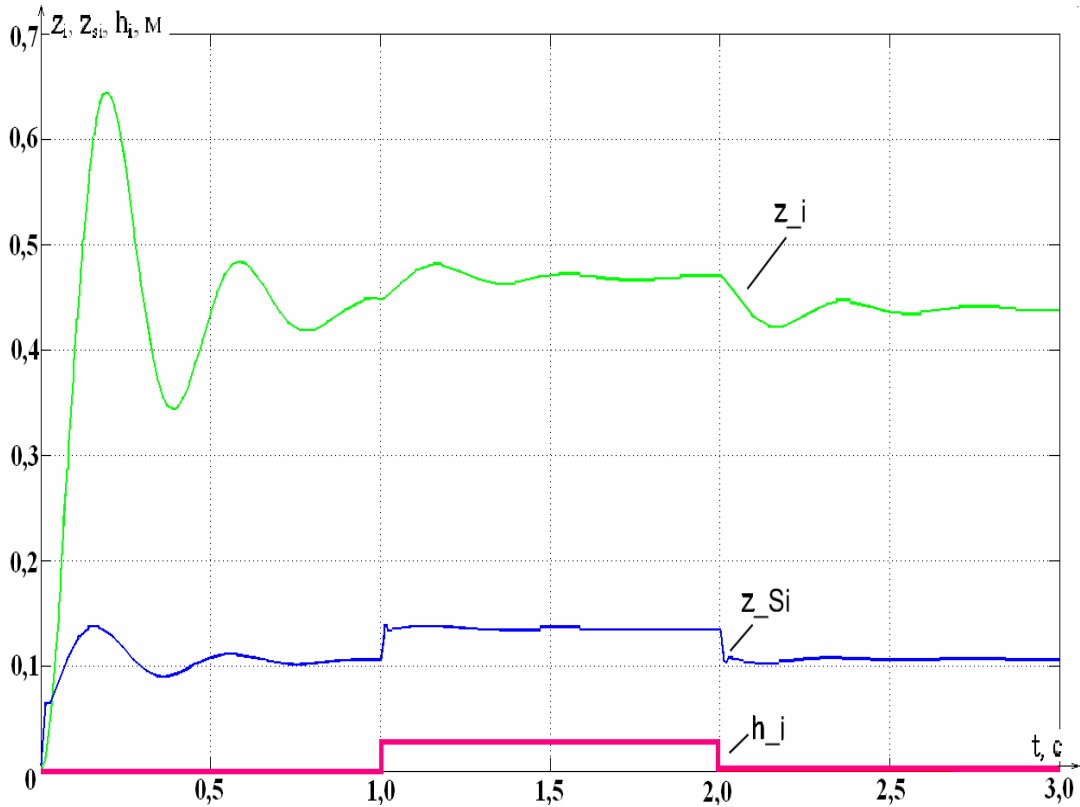


Рис. 1.2. Під час перетину нерівності висотою 30 мм лінійна модель підвіски керованого колеса здійснює вертикальний рух згідно з відповідними рівняннями. ( $z_i(t)$ ,  $z_{Si}(t)$ ,  $h_i(t)$ ).

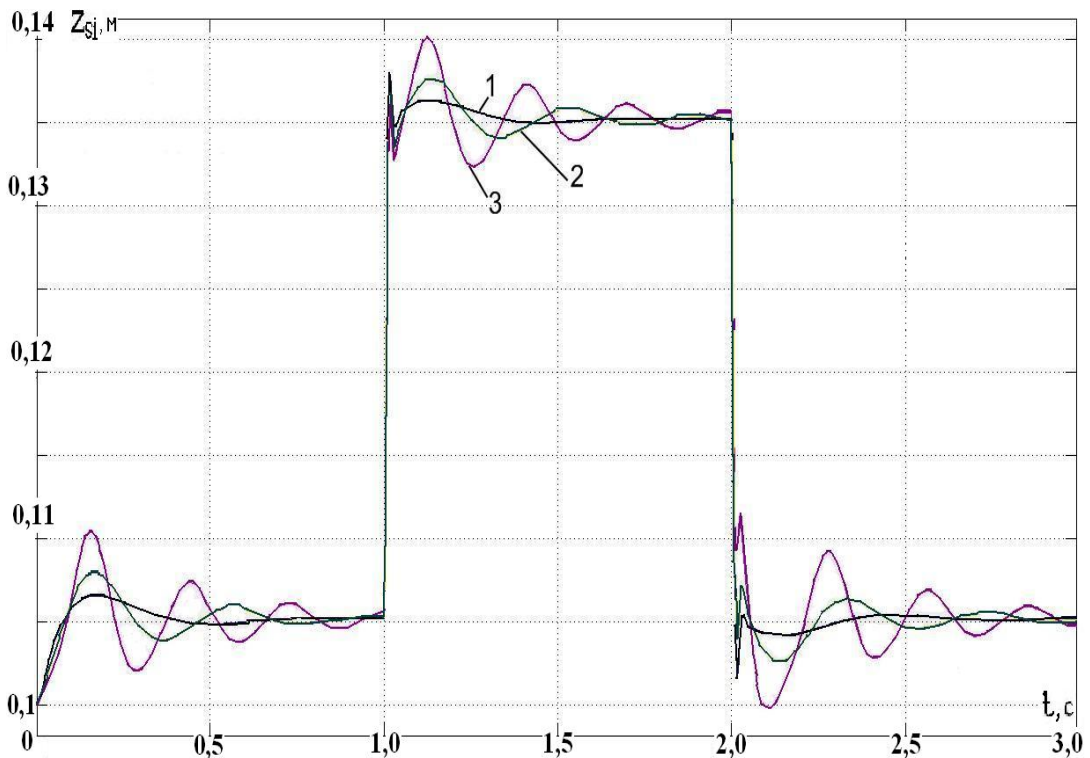


Рис. 1.3. Під час подолання перешкоди висотою 30 мм, модель підвіски керованих коліс здійснює вертикальний рух, який характеризується певними параметрами.  $c_s$ :

1 – прогресивна; 2 – дегресивна; 3 – лінійна.

Шляхом використання прогресивних та дегресивних характеристик, вертикальна динаміка була поліпшена. При зростанні жорсткості, прогресивна характеристика приводить до більш інтенсивного зростання сили ресори (ресора стає більш жорсткою), тоді як при зростанні ступеня стискування, дегресивна характеристика зменшує інтенсивність росту сили пружності. На рисунку 6 змодельовано процес переїзду перешкоди для ресор з прогресивними, дегресивними і лінійними характеристиками.

Використання ресор з прогресивною характеристикою призводить до великого початкового "викиду" під час переїзду перешкоди, оскільки ресора реагує однаково на початкових етапах, навіть при великих відхиленнях. Крім того, максимальне переміщення всієї конструкції перевищує максимальне переміщення за умови дегресивної характеристики на 5 мм. З використанням дегресивної характеристики можна досягти стійкої вертикальної динаміки.

Шляхом моделювання динамічних процесів у шині та підвісці було встановлено наступні висновки:

а) Під час подолання вертикальних перешкод, різкого гальмування та прискорення, виникає динамічна складова навантаження на шину. Величина цього навантаження залежить від швидкості руху, висоти перешкоди та демпфуючих властивостей функціональних елементів підвіски. Динамічне навантаження може досягати та перевищувати статичне навантаження.

б) Збільшення навантаження на шину та тривалість перехідних процесів залежать від характеристик функціональних елементів підвіски та форми контактних поверхонь. Це призводить до збільшення контактних і дотичних напруг, проковзування та інших факторів, що мають безпосередній вплив на інтенсивність зношування шини. Врахування цих факторів є важливим при розрахунку зносу шини.

в) Вплив динамічної складової на стан шини визначається якістю дорожнього покриття та категорією експлуатації. Цей вплив враховується у розрахунку нормативного ресурсу за допомогою статистичного коефіцієнта.

г) Призначення нормативного ресурсу шини враховує перевантаження, яке виникає внаслідок дії динамічних процесів і перевищує паспортні значення.

Це враховується за допомогою коефіцієнта коригування, який враховує середню величину перевантаження та його тривалість.

Розроблення комплексу засобів для призначення нормативного ресурсу шин - це процес створення системи і методології, які дозволяють визначити оптимальний строк служби шини з урахуванням різних факторів та умов експлуатації. Даний комплекс засобів включає в себе низку технічних і аналітичних інструментів, які дозволяють провести детальний аналіз і оцінку факторів, що впливають на ресурс шини.

Основні етапи розроблення комплексу засобів для призначення нормативного ресурсу шин включають:

**Збір і аналіз даних:** Початкові дані про властивості шини, умови її експлуатації та параметри дорожнього покриття збираються та аналізуються. Це може включати збір інформації з експлуатаційних журналів, випробування шини на спеціальних стендах або в реальних умовах експлуатації.

**Визначення факторів впливу:** Ідентифікуються основні фактори, які впливають на ресурс шини, такі як швидкість руху, навантаження, дорожні умови, режими гальмування та прискорення, температура навколишнього середовища та інші.

**Розробка математичних моделей:** Застосовуються математичні моделі, які враховують вплив різних факторів на знос шини та визначають залежність між цими факторами і тривалістю служби шини. Ці моделі можуть базуватися на статистичних даних, експертних оцінках, розрахунках або комбінації цих методів.

**Валідація моделей:** Розроблені математичні моделі піддаються валідації, тобто порівнюються з реальними даними про експлуатацію шини для перевірки їхньої точності та достовірності. Це допомагає підтвердити адекватність моделей і їхню здатність передбачати ресурс шини з точністю.

**Розробка алгоритмів та програмного забезпечення:** На основі розроблених моделей розробляються алгоритми та програмне забезпечення, які дозволяють автоматизувати процес призначення нормативного ресурсу шин. Це можуть бути комп'ютерні програми, які використовуються для введення початкових даних та отримання розрахункових результатів.

Тестування та впровадження: Розроблений комплекс засобів піддається тестуванню для перевірки його працездатності та ефективності. Після успішного тестування він готовий до впровадження в практику для призначення нормативного ресурсу шин в реальних умовах.

Результатом розроблення комплексу засобів для призначення нормативного ресурсу шин є система, яка дозволяє ефективно враховувати різноманітні фактори, що впливають на ресурс шини, та надає точні розрахунки щодо тривалості її служби. Це допомагає встановити оптимальний строк експлуатації шини, забезпечити безпеку та ефективність руху транспортних засобів.

### **1.3 Огляд заходів по збереженню ресурсу шин автобусів**

Огляд заходів по збереженню ресурсу шин автобусів включає ряд дій, спрямованих на підвищення тривалості служби шин та зменшення зносу. Нижче наведено детальний огляд цих заходів:

**Правильний тиск у шинах:** Важливо регулярно перевіряти тиск у шинах автобуса та підтримувати його в межах рекомендованого діапазону. Недостатній тиск може призвести до перевантаження шини, збільшеного зносу та погіршення її тривалості служби.

**Правильне балансування коліс:** Невирівняні колеса спричиняють нерівномірний знос шин та можуть призвести до погіршення ресурсу шин. Регулярна перевірка та балансування коліс допомагають забезпечити рівномірний знос та тривалу службу шин.

**Коректна геометрія ходової частини:** Неправильна геометрія ходової частини автобуса може призвести до нерівномірного зносу шин, особливо на крайніх точках контакту. Регулярна перевірка та налаштування геометрії ходової частини допомагають зберегти ресурс шин.

**Обережне керування та уникання різких маневрів:** Різкі маневри, гострі повороти та швидкі зупинки можуть призвести до підвищеного зносу шин. Обережне керування та плавні маневри сприяють тривалій службі шин та зменшенню зносу.

Регулярна інспекція шин: Важливо періодично перевіряти стан шин, виявляти пошкодження, знос та інші проблеми. При виявленні пошкоджень або несправностей необхідно вжити відповідних заходів, таких як ремонт або заміна шини, щоб уникнути подальшого погіршення ресурсу.

Вибір відповідних шин та їх належне використання: Враховуючи конкретні умови експлуатації, важливо вибрати шини з відповідними характеристиками, такими як розмір, малюнок протектора та індекси навантаження і швидкості. Дотримання рекомендацій щодо монтажу, експлуатації та обслуговування шин також сприяє збереженню їхнього ресурсу.

Регулярне обслуговування та плановий огляд шин: Проведення регулярних технічних оглядів шин та обслуговування, таких як балансування, розвал-сходження та поверхнева обробка, допомагають підтримувати шини у хорошому стані та тривалу службу.

Ці заходи сприяють підвищенню тривалості служби шин автобусів, зменшенню зносу та покращенню ефективності експлуатації. Вони є важливим елементом у забезпеченні безпеки та економічності автобусного транспорту.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Основні несправності шин

Основні несправності шин можуть виникати з різних причин і мають важливе значення для безпеки та тривалості їх служби. Нижче наведено детальний огляд основних несправностей шин:

**Прокол:** Прокол шини виникає через проникнення гострого предмета, наприклад, цвяха, скла або гострого камінця в протектор шини. Прокол може призвести до втрати тиску в шині, зниження керованості автомобіля та може стати причиною аварійної ситуації.

**Поріз:** Порізи шин можуть виникати внаслідок контакту з гострими предметами, такими як розбите скло або металеві об'єкти на дорозі. Порізи можуть призвести до руйнування структури шини та втрати її інтегральності.

**Знос:** Знос є нормальним процесом, який відбувається з часом внаслідок тертя шини з дорожнім покриттям. Протектор шини поступово стирається, що зменшує її зчеплення з дорогою. Значний знос може погіршити керованість автомобіля та спричинити підвищений ризик аквапланування.

**Розшарування:** Розшарування шини виникає, коли окремі шари протектора розділяються або відокремлюються від каркасу. Це може статися через неправильний монтаж шини, низьку якість виробництва або вплив високих температур. Розшарування призводить до втрати інтегральності шини та зниження її міцності.

**Підтримка неправильного тиску:** Неправильний тиск у шинах може бути причиною різних проблем, включаючи нерівномірний знос шин, знижену ефективність палива, погіршену керованість та підвищений ризик спрацювання системи контролю тиску в шинах (TPMS).

**Вилягання:** Вилягання шини відбувається, коли її боковина поступово згинається або деформується. Це може бути наслідком удару по ямі або бордюру, перевищення допустимого навантаження або неправильного тиску в шинах. Вилягання може призвести до нерівномірного зносу шини та зниження її міцності.

Порушення балансу: Незбалансовані колеса можуть призвести до вібрацій при русі автомобіля, збільшеного зносу шин та погіршеної керованості. Порушення балансу може виникати через неправильне кріплення колеса, пошкодження колесної диски або зламану гумову шину.

Важливо регулярно перевіряти шини на наявність цих несправностей і при необхідності вчасно проводити ремонт або заміну, щоб забезпечити безпеку, покращити ефективність експлуатації та зберегти тривалість ресурсу шин. Підтримка належного тиску, регулярний технічний огляд та обслуговування шин також допомагають уникнути цих несправностей та зберегти шини у хорошому стані.

## **2.2 Способи виявлення несправностей та ремонт шин**

Для виявлення несправностей в шинах і проведення їх ремонту існує кілька основних способів. Нижче наведено детальний огляд цих способів:

Візуальний огляд: Початковий етап виявлення несправностей полягає у візуальному огляді шин. Під час огляду слід звернути увагу на такі ознаки, як проколи, порізи, розшарування, вилягання, знос або неоднаковий знос протектора, пошкодження боковин. Візуальний огляд може допомогти виявити очевидні ознаки пошкоджень шин.

Вимірювання тиску: Перевірка тиску в шинах є важливою частиною виявлення несправностей. Використовуйте підходящий тискомір для вимірювання тиску в кожній шині. Неправильний тиск (занадто високий або занадто низький) може бути показником проблеми, такої як прокол, порушення герметичності або пошкодження вентиля.

Випробування на проколи: Для виявлення проколів і порізів в шинах можна використовувати випробувальні розчини або піни, які містять спеціальні речовини. Розчин або піна наносять на поверхню шини, і якщо вони починають утворювати бульбашки, то це свідчить про наявність проколу або порізу.

Випробування на утримання тиску: Цей спосіб використовується для виявлення незначних витоків повітря з шини. Шину наповнюють повітрям під підвищеним тиском і потім опускають у воду. Якщо в околиці шини з'являються бульбашки, це означає, що шина має витік повітря.

Балансування коліс: Незбалансовані колеса можуть призводити до вібрацій та нерівномірного зносу шин. Балансування коліс виконується за допомогою спеціального обладнання, яке допомагає розподілити масу колеса рівномірно для забезпечення плавної їзди.

Ультразвуковий огляд: Ультразвуковий огляд використовується для виявлення внутрішніх пошкоджень шин, таких як розшарування або втрата герметичності. Цей метод заснований на використанні ультразвукових хвиль для проникнення у структуру шини і виявлення внутрішніх дефектів.

При виявленні будь-яких несправностей у шинах рекомендується звернутися до фахівців або автосервісу для проведення ремонту або заміни. Регулярний огляд і підтримка шин допоможуть підтримувати безпеку на дорозі та зберігати тривалість ресурсу шин.

### **2.3 Складання технологічних карт на ремонт вантажної шини**

Для ефективної організації праці робітників і забезпечення контролю якості технічного обслуговування і ремонту автомобілів, їх агрегатів, вузлів, систем і механізмів розробляються та використовуються технологічні карти. Ці карти включають в себе посібники технічного обслуговування та оперативні інструкції для проведення ремонтних робіт.

При проведенні технічного обслуговування ТО-1 або ТО-2 автомобілів необхідно складати оперативні технологічні карти, згідно з переліком процедур, які описані в "Положенні про технічне обслуговування і ремонт дорожніх автотранспортних засобів автомобільного транспорту".

При розробці технологічних карт необхідно враховувати наступне: забезпечити зручність установки, демонтажу та переміщення автомобіля або його агрегатів під час виконання операцій; використовувати продуктивне підйомно-транспортне та технологічне обладнання, пристрої та інструменти; впроваджувати передові методи і засоби контролю якості робіт.

У технологічних картах вказуються наступні елементи: послідовність операцій в технологічному процесі; обладнання та інструменти, що використовуються; технічні вимоги та інструкції щодо виконання операцій;







кваліфікація виконавця; класифікація роботи та часові затрати, необхідні для виконання конкретної операції.

Якщо нормативні значення відсутні, то затрати праці на кожну операцію можна орієнтовно визначити на основі складності робіт та загальних витрат, пов'язаних з відповідним технологічним процесом. Загальні витрати на технологічний процес можна визначити у відсотковому співвідношенні до загальної трудомісткості відповідного виду обслуговування, такого як ТО-1, ТО-2 або роботи з планового ремонту автомобілів в цілому або їх агрегатів.

Таблиця 2.1 - Приклад технологічної карти ремонту вантажної шини

№	Порядок виконання	Обладнання
005	<p data-bbox="341 752 994 846">Зробити відмітку місця пошкодження за допомогою крейди.</p>  <p data-bbox="341 1223 959 1317">Виключити або видалити предмет, що спричинив пошкодження.</p> 	<p data-bbox="1134 752 1299 790">1. Крейда.</p> <p data-bbox="1134 804 1385 842">2. Плоскогубці.</p>

010	<p>Прибрати захисну прокладку, що розташована на кришці банки.</p>  <p>Нанести клей на гвинтову шпильку.</p> 	<p>Спиральне шило №915. Клей для холодної вулканізації №770.</p>
015	<p>Вставити гвинтову шпильку в отвір і провести огляд, обертаючи її у напрямку годинникової стрілки.</p>  <p>Встановити кут, у якому відбулось пошкодження.</p> 	<p>Спиральне шило №915. Клей №770.</p>
020	<p>Опрацювати зону пошкодження використовуючи карбідну фрезу та низькоповоротний дріль.</p>	<p>Спиральне шило №915. Карбідна фреза</p>

	 <p>Очистити поверхню від пилу за допомогою ганчірки.</p> 	<p>№270. Низькообертовий дриль №1036. Ганчірка.</p>
025	<p>Покрити шило клеєм.</p>  <p>Увести шило в отвір і, рухаючи його у напрямку годинникової стрілки, рівномірно покрити всю глибину отвору клеєм.</p> 	<p>Спиральне шило №915. Клей для вулканізації №770.</p>
030	<p>Витягнути шило з покриття, обертаючи його проти годинникової стрілки.</p>	<p>Спиральне шило №915. Клей для вулканізації №770.</p>



Відділити синю захисну плівку від джгута.



035

Покрити вушко голки шаром клею.



Увести кінець джгута в голку і прокласти його через середину.






Обробити джгут клеєм з обидвох боків.

Спиральне шило  
№915.

Клей для холодної  
вулканізації №770.

Ручка для  
установки джгутів  
№925, голка №927.  
Джгут №224.

		
040	<p>Упорядковуємо голку з джгутом вставляючи її в прокол до кінця.</p>  <p>Додати рідину на місце ремонту для переконання у відсутності пошкоджень.</p>  <p>Використовуючи ніж, відрізаємо зовнішні кінці джгута, які залишились на покриві.</p>	<p>Голка №927. Джгут №224. Ніж. Рідина Techcheck.</p>

#### 2.4 Розрахунок і вибір технологічного обладнання

У загальному випадку, кількість одиниць обладнання може бути визначена за допомогою наступної формули:

$$P_{об} = \frac{T_o}{\Phi_{од} \cdot \eta_z}$$

$$\eta_z = 0,85 \dots 0,95$$



Пост шиномонтажу має трудомісткість 4285,74 люд-год.

Тоді:

$$P_{об} = \frac{4285,74}{1901,9 \cdot 0,95} = 2$$

Уведенням двох одиниць основного обладнання ми складаємо перелік обладнання, що було розраховано та прийнято, і цей перелік відображається у вигляді таблиці.

Таблиця 4.1 - Відомість обладнання шиномонтажного поста.

№ п/п	Найменування обладнання	Кіл.	Тип, марка	Габаритні розміри, мм	Займана площа, м <sup>2</sup>	Потужність двигуна кВт
1	Одноярусний стелаж з покришками	1	1193-П	1125x970	1,09	-
2	Шиномонтажний станок	1	BEISSBAR TH MS-70	1125x970	1,09	4
3	Балансувальний стенд	1	МТ-787	1250x1000	1,25	2
4	Стенд для правки дисків	1	Фаворит	1300x575	0,75	2
5	Шкаф для одягу	1	АС-215Г	900x450	0,405	-
6	Умивальник	1	Власн. виг.	500x250	0,125	-
7	Стіл	1	Власн. виг.	800x800	0,64	-
8	Верстак	1	Ш-303	1330x700	0,931	-
9	Слюсарні тиски	1	Ш-371	-	-	-
10	Ящик для відходів	1	Власн. виг.	500x350	0,175	-
11	Борторозширювач	1	ПТМ1	350x200	0,07	4
12	Шорохувальний станок	1	ТА-255	800x600	0,48	2,5
13	Настінна вішалка для камер	1	Ш-503	1500x325	0,487	-
14	Клітка для накачки шин	1	КС-115	1600x650	1,04	-
15	Вулканізатор	1	Ельф	850x575	0,488	-
16	Ванна для перевірки камер	1	Ш-902	R675	0.72	-
<b>Всього</b>					<b>9,21</b>	<b>14,5</b>

## 2.5 Розрахунок площі шиномонтажного поста

Для визначення площі поста ми використовуємо певну формулу, яка дозволяє провести розрахунок.

$$S_{\text{д}} = S_{\text{об}} \cdot K$$

$$K = 4.5$$

$$S_{\text{д}} = 9.21 \cdot 4.5 = 41.45 \text{ м}^2$$

Ми встановлюємо площу ділянки на рівні, що дорівнює.  $S_{\text{д}} = 48 \text{ м}^2$

## 2.6 Розрахунок вартості модернізації пристосування для накачування шин

Визначення витрат на модернізацію пристосування здійснюється шляхом використання такого виразу:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{к,м}} + C_{\text{кд}} + C_{\text{од}} + C_{\text{н}} + C_{\text{ск}} + C_{\text{н}}$$

Проектування пристосування оцінюється шляхом визначення витрат на його розробку та підготовку за таким способом:

$$C_{\text{к}} = T_{\text{к}} \cdot Z_{\text{сг}} \cdot (1 + 0.01 \cdot \kappa_{\text{соц}}) \cdot (1 + 0.01 \cdot \kappa_{\text{н}}) = 2 \cdot 6 \cdot 25 \cdot (1 + 0.01 \cdot 39.8) \cdot (1 + 0.01 \cdot 125) = 943.65 \text{ грн}$$

Вартість розробки технології виготовлення пристосування визначається шляхом оцінки витрат, пов'язаних з процесом розробки, наступним чином:

$$C_{\text{м}} = T_{\text{м}} \cdot Z_{\text{сг}} \cdot (1 + 0.01 \cdot \kappa_{\text{соц}}) \cdot (1 + 0.01 \cdot \kappa_{\text{н}}) = 2 \cdot 5 \cdot 21 \cdot (1 + 0.01 \cdot 39.8) \cdot (1 + 0.01 \cdot 125) = 660.56 \text{ грн}$$

Загальні витрати на конструкторські та технологічні розробки будуть складати:

$$C_{\text{к,м}} = C_{\text{к}} + C_{\text{м}} = 943.65 + 660.56 = 1604.21 \text{ грн.}$$

Вартість деталей, що складають корпус:

$$C_{\text{кд}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_{\text{м}}}{1000} = \frac{(15 + 2.5 + 2 + 1.4) \cdot 6000}{1000} = 125.4 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.2 – Вартість корпусних деталей

Найменування деталі	Кількість	Маса, кг.	Матеріал	Ціна, грн./кг.	Всього, грн.
Корпус	1	15	СЧ-18	6	90
Кришка корпусу	1	2.5	СЧ-18	6	15
Кришка підшипника	2	0.5	СЧ-18	6	6
Кришка підшипника	2	0.5	СЧ-18	6	6
Кришка оглядового отвору	1	1.4	СЧ-18	6	8.4
Всього	7	20.9			125.4

Витрати, пов'язані з виготовленням унікальних деталей.

$$C_{од} = Z_{n,од} + C_{m,од} = 63.1 + 221.6 = 284.7 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.3. Вартість заготовок для виготовлення деталей, грн.

№	Найменування виробів	Кількість, шт.	Ціна, од. грн.	Вартість (всього), грн.
1	Заготовка валу	2	81.40	162.8
2	Заготовка зубчастого колеса	1	58.8	58.8
Всього				221.6

Оплата праці працівників, що займаються виробництвом унікальних деталей.

$$Z_{n,од} = \sum_{j=1}^e t_i \cdot e_i \cdot (1 + \kappa_{соц}) \cdot (1 + \kappa_{д}) = 34.72 \cdot (1 + 0.398) \cdot (1 + 0.3) = 63.1 \text{ грн.}$$



Таблиця 2.4. Заробітна плата за виготовлення оригінальних деталей

Найменування операції	Трудомісткість, люд.-год.	Розряд робітника	Годинна тарифна ставка грн./год.	Заробітна плата, грн.
Підготовча	0.2	III	11.82	2.36
Токарна	1.6	IV	13.3	21.28
Фрезерувальна	0.7	IV	13.3	9.31
Свердлильна	0.15	III	11.82	1.77
Всього	2.65			34.72

Сума, витрачена на придбання готових деталей.

Таблиця 2.5. Потреба в покупних виробах

№	Найменування виробів	Кількість, шт.	Ціна, од. грн.	Вартість (всього), грн.
1	Підшипники №1307	4	22	96.8
2	Комплект кріпильних виробів	1	95	104.5
Всього				201.3

Розраховуємо витрати на оплату праці працівників, зайнятих складальними роботами.

$$Z_{n,ck} = \sum_{j=1}^p t_{cki} \cdot p \cdot (1 + \kappa_{соц}) \cdot (1 + \kappa_n) = 1.42 \cdot (1 + 0.398) \cdot (1 + 0.3) = 2.58 \text{ грн.}$$

Витрати, що не є прямими.

$$C_n = \frac{(Z_{n,од} + Z_{n,ck}) \cdot \kappa_n}{100} = \frac{(63.1 + 2.58) \cdot 125}{100} = 82.1 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальні витрати на модернізацію становитимуть:

$$C_{np} = 1604.21 + 125.4 + 284.7 + 201.3 + 2.58 + 82.1 = 2300.29 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.6. Витрати на складальні роботи

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год.	Розряд робітни ка	Годинна тарифна ставка грн./год.	Заробітна плата, грн.
Закручування болтів, гвинтів	0.01	II	10.72	0.107
Закручування гайок	0.02	II	10.72	0.21
Постановка підшипників	0.06	II	10.72	0.64
Установка шестерень	0.033	II	10.72	0.36
Постановка шайб	0.01	II	10.72	0.107
Всього	0.133	II	10.72	1.42

## 2.7 Розрахунок економічної ефективності від підвищення продуктивності компресорної установки

Економічний вигаш, очікуваний протягом року, обчислюється за наступною формулою:

$$E_p = (C_{нис} + C_{ним}) \cdot N_{ш}$$

Загальна вартість оплати праці працівників, які беруть участь у процесі накачування шин, складається з основної та додаткової заробітної плати і обчислюється за наступною формулою:

$$Z_{од} = \frac{Z_{оді} \cdot t_{ні}}{60} \cdot \left(1 + \frac{K_{від}}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{K_{невід}}{100}\right)$$

$$Z_{од.с} = \frac{11.82 \cdot 5}{60} \left(1 + \frac{15}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 1.34 \text{ грн.};$$

$$Z_{од.м} = \frac{11.82 \cdot 1.25}{60} \left(1 + \frac{15}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 0.334 \text{ грн.};$$

Сума коштів, яка відрховується на соціальні заходи:

$$Z_{\text{від.с}} = Z_{\text{од.с}} \cdot 0.398 = 1.34 \cdot 0.398 = 0.54 \text{ грн.};$$

$$Z_{\text{від.м}} = Z_{\text{од.м}} \cdot 0.398 = 0.334 \cdot 0.398 = 0.133 \text{ грн.};$$

Вартість виконання процесу накачування шин до та після проведення модернізації буде складати:

$$C_{\text{шис}} = 1.34 + 0.54 = 1.88 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{шис}} = 0.334 + 0.133 = 0.47 \text{ грн.};$$

Розрахована щорічна заощадження становитиме:

$$E_p = (1.88 - 0.47) \cdot 1044 = 1472.04 \text{ грн.}$$

Час, необхідний для повернення витрат на проведену модернізацію, складатиме:

$$T_{ок} = \frac{C_{np}}{E_p} = \frac{2300.29}{1472.04} = 1.56 \text{ р.}$$

Висновок: рекомендація щодо модернізації компресорної установки є обґрунтованою, оскільки очікувана величина  $T_{ок} < T_n$  ( $1.56 < 6.67$ ).

Потрібно перефразувати текст.

$$E_{op} = E_p - 0.15 \cdot C_{np} = 1472.04 - 0.15 \cdot 2300.29 = 1126.99 \text{ грн.}$$

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Обґрунтування доцільності проведення модернізації пристосування

Протягом останніх десятиліть галузь компресоробудування пройшла значний розвиток і вдосконалення. Були розроблені науково-технічні основи для конструювання сучасних компресорів, і зростає значення нормалізації та стандартизації компресорів і їх складових елементів.

Сфера компресоробудування у світі розвивається в таких напрямках:

- а) Зафіксоване збільшення частоти обертання вала компресора.
- б) Застосовується принцип компенсації рухомих мас для досягнення балансу.
- в) Оптимізація розмірів та ваги компресорних установок шляхом поліпшення технологічного обладнання, підвищення ефективності систем відділення масла і вологи, скорочення довжини комунікаційних ліній шляхом розташування технічних пристроїв таким чином, щоб газопроводи були мінімальної довжини, а самі пристрої частково виконували функції зв'язку між суміжними ступенями компресора.
- г) Використання міжступінчастих холодильників, які використовують повітря як тепловідвідне середовище.
- д) Використання універсальних компресорів, які здатні стискати різні гази.
- е) Застосування довговічного ущільнення плунжера в циліндрі та підвищення щільності деталей циліндрів і клапанів. Крім того, розробляються сальники з пластмасовими ущільнюючими елементами, наприклад, фторопластикові сальники, які використовуються на ступенях високого тиску великих газових компресорів. Термін служби цих сальників перевищує металеві в 3-4 рази. Текстолітові кільця також успішно застосовуються на компресорах високого тиску і є більш довговічними, ніж кільця з чавуну.

ж) Наразі активно проводяться дослідження з метою подальшого вдосконалення газових компресорів без потреби в змащенні, що забезпечує їм високий термін служби ущільнень поршня.

з) Завдяки нормалізації і стандартизації компресорів, а також спеціалізації компресорних заводів за типорозмірами машин, було досягнуто значного зростання серійного випуску поршневих компресорів.

Цікавим напрямком є розробка комбінованих установок, що поєднують центробіжні компресори на ступенях низького і середнього тиску з поршневими компресорами на ступенях високого тиску. В цьому контексті важливим завданням є створення безмастильних компресорів високого тиску, які працюватимуть без необхідності змащення циліндрів і сальників.

Метою модернізації компресорних установок є поліпшення їх продуктивності і тиску, збільшення тривалості роботи, зниження витрат на експлуатацію, розширення функціональних можливостей та полегшення процесу роботи.

### 3.2 Конструкторський розрахунок компресора

Ступінь підвищення тиску визначається як співвідношення кінцевого тиску до початкового тиску. Це число вказує на те, в скільки разів збільшиться тиск повітря в циліндрі.

Припустимо, що початковий тиск становить атмосферний тиск.  $P_1 = 0.1$  МПа, а кінцевий  $P_2 = 2$  МПа. Тоді ступінь стиску рівний:

$$\varepsilon = \frac{P_2}{P_1} = \frac{2}{0.1} = 20$$

Продуктивність поршневого компресора визначається кількістю повітря, яке він подає за одиницю часу, перераховане на стандартні умови входу в компресор.

Обсяг стиснутого повітря, який постачається компресором, менше обсягу, який це повітря займало б при атмосферному тиску. Однак, маса повітря залишається незмінною під час стиску. Тому продуктивність компресора може

бути виражена як об'єм повітря при атмосферному тиску, або при кінцевому тиску. Фактична продуктивність компресора розраховується за допомогою формули:

$$Q = F \cdot S \cdot n \cdot \eta_v$$

Візьмемо у розгляд радіус поршня.  $R = 30$  мм;

$$F = \pi \cdot \frac{R^2}{2} = 3.14 \cdot \frac{0.03^2}{2} = 0.0014 \text{ м}^2$$

Розглянемо довжину ходу поршня.  $S = 0.035$  м.

Розглянемо частоту подвійних ходів поршня за одну хвилину.  
 $n = 2000$  об/хв..

Потрібно перефразувати текст.  $\eta_v = 0.87$

Отримана ефективна продуктивність компресора складатиме:

$$Q = 0.0014 \cdot 0.035 \cdot 2000 \cdot 0.87 \cdot 2 = 0.17 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Середньою швидкістю руху поршня буде:

$$C = S \cdot \frac{n}{30} = 0.035 \cdot \frac{2000}{30} = 2.3 \text{ м/с}$$

При наближенні дійсного процесу стиску повітря в компресорі до політропного, витрата потужності, необхідна для приведення компресора в дію, розраховується за такою формулою:

$$N_B = \frac{\frac{n}{n-1} \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]}{\eta_{\text{мех}}}$$

$$\eta_{\text{мех}} = 0.8 \quad n = 1.35 \quad V_1 = 0.17 \text{ .}$$

$$P_1 = 100 \text{ Н/м}^2, \quad P_2 = 2000 \text{ Н/м}^2 \text{ .}$$

$$N_B = \frac{\frac{1.35}{1.35-1} \cdot 100 \cdot 0.17 \cdot \left[ \left( \frac{2000}{100} \right)^{\frac{1.35-1}{1.35}} - 1 \right]}{60 \cdot 0.8} = 1.6 \text{ кВт}$$

Для розрахунку об'єму повітрязбірника використовується така формула:

$$V = \frac{K \cdot F \cdot S}{\delta}$$

$$K = 0.55 \cdot F = 0.0014 \text{ м}^2 \cdot S = 0.035 \cdot \delta = 0.01 \cdot$$

$$V = \frac{0.55 \cdot 0.0014 \cdot 0.035}{0.01} = 0.0026 \text{ м}^3$$

Для визначення площі матерчатого фільтра використовується наступна формула:

$$F = \frac{Q}{c} = \frac{0.17}{0.8} = 0.21 \text{ м}^2$$

### 3.3 Розрахунок редуктора

Для проведення розрахунків зубчастої передачі необхідні наступні вихідні дані:

Необхідно вказати умови, пов'язані зі швидкістю вхідного вала.  
 $\omega_2 = 150.72 \text{ рад/с}$

Необхідно вказати умову, пов'язану зі швидкістю на вихідному валу редуктора.  $\omega_3 = 37.68 \text{ рад/с}$

Необхідно вказати обертаючий момент, що діє на вхідний вал редуктора.  
 $T_2 = 33.42 \text{ Нм}$

Необхідно вказати обертаючий момент, що діє на вихідний вал редуктора.  $T_3 = 128.37 \text{ Нм}$

Необхідно вказати передаточне число, яке характеризує редуктор.  $U_{\text{зуб}} = 4$

Ми робимо вибір сталевого матеріалу з певною маркою. 45х

Термообробка – нормалізація

Твердість 230НВ

Ми розглядаємо значення граничної текучості.  $\sigma_{\text{г}} = 440 \text{ Н/мм}^2$

Ми розглядаємо основні межі міцності зубців передач, де твердість зуба визначається за допомогою даної формули.

$$\sigma_{\text{Н1}} = 2\text{НВ}_1 + 70 = 2 \cdot 230 + 70 = 530 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\text{Н2}} = 2\text{НВ}_2 + 70 = 2 \cdot 230 + 70 = 530 \text{ Н/мм}^2$$

В процесі згину :

$$\sigma_{\text{F0}} = 1.8\text{НВ} = 1.8 \cdot 230 = 414 \text{ Н/мм}^2$$

Ми розглядаємо дозвалені напруження контакту.

$$[\sigma_{H1}] = \frac{\sigma_{H1}}{S_H} K_{HL} = \frac{530}{1.2} \cdot 1 = 441 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma_{H2}] = \frac{\sigma_{H2}}{S_H} K_{HL} = \frac{530}{1.2} \cdot 1 = 441 \text{ Н/мм}^2$$

$$K_{HL}=1; S_H = 1.2;$$

Ми розглядаємо дозвалені нормальні напруження при розрахунку на втомну міцність зубців на відмову.

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F0}}{S_F} \cdot K_{FL} \cdot K_{FC} = \frac{396}{1.75} \cdot 0.7 \cdot 1 = 158.44 \text{ Н/мм}^2, \text{ де}$$

$$S_F = 1.75; K_{FL} = 1; K_{FC} = 0.7;$$

Ми розглядаємо межово допустимі напруження (для розрахунків на перевантаження).

$$[\sigma]_{H \max} = 2.8 \cdot \sigma_T = 2.8 \cdot 440 = 1232 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma]_{F \max} = 0.8 \cdot \sigma_T = 0.8 \cdot 440 = 352 \text{ Н/мм}^2, \text{ де}$$

Для розрахунку закритих зубчастих передач визначається основний розмір - міжосьова відстань  $a$ . Цей розмір обчислюється на основі умов контактної витривалості поверхонь зубців, використовуючи певну формулу.

$$a \geq K_a \cdot (U + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_{H\beta}}{U \cdot \psi_{ba} \cdot [\sigma]_H^2}} = 49 \cdot (4 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{33420 \cdot 1.025}{4 \cdot 0.25 \cdot 441^2}}$$

$$= 137.34 \text{ мм} \approx 140 \text{ мм}, \text{ де}$$

$$K_a = 49 (\text{Н/мм}^2)^{1/3};$$

$$U = 4; K_{H\beta} = 1.025;$$

$$\psi_{ba} = b/a = 0.25;$$

Ми обчислюємо модуль передачі за формулою:  $m = 0.015 \cdot 140 = 2$ .  
Остаточне значення модуля  $m$  ми вибираємо згідно з вимогами ГОСТ 9563-80 і приймаємо значення  $m = 2$ .

Ми виконуємо розрахунок сумарної кількості зубців.

$$Z_\Sigma = \frac{2a}{m} = \frac{2 \cdot 140}{2} = 140$$

Ми шукаємо кількість зубців у шестерні.



$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{u + 1} = \frac{140}{2 + 1} = 28$$

Ми розраховуємо кількість зубців у колесі.

$$Z_2 = Z_\Sigma - Z_1 = 140 - 28 = 112$$

Уточнення передаточного відношення

$$U_\phi = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{112}{28} = 4$$

Потрібно визначити розбіжність  $\Delta U$  від прийнятого стандартного значення.

$$\Delta U = \left| \frac{U - U_\phi}{U} \right| 100\% \leq [\Delta U]; \frac{4 - 4}{4} 100\% \leq 2.5;$$

Необхідно розрахувати основні габаритні розміри зубчастих коліс у міліметрах.

$$\text{Ділильні діаметри } d_1 = mZ_1 = 2 \cdot 28 = 56 \text{ мм}$$

$$d_2 = mZ_2 = 2 \cdot 112 = 224 \text{ мм}$$

$$\text{Діаметри вершин } d_{a1} = m(Z_1 + 2) = 2 \cdot (28 + 2) = 60 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = m(Z_2 + 2) = 2 \cdot (112 + 2) = 228 \text{ мм}$$

$$\text{Діаметри впадин } d_{f1} = m(Z_1 - 2.5) = 2 \cdot (28 - 2.5) = 51 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = m(Z_2 - 2.5) = 2 \cdot (112 - 2.5) = 219 \text{ мм}$$

$$\text{Ширина вінців } b = b_a \cdot a = 0.25 \cdot 140 = 35 \text{ мм}$$

Обчислити кутову швидкість передачі

$$V = \omega_2 \cdot \frac{d_1}{2} = \frac{150.72 \cdot 56}{2} = 4.22 \text{ м/с}$$

Встановлюємо клас точності передачі, враховуючи колову швидкість, яка дорівнює 8.

Проводимо перевірочні розрахунки на контактну витривалість.

Встановлюємо умови контактної витривалості.

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot \sqrt{\frac{2T_1 K_{H\beta} K_{HV}}{b d_1^2} \cdot \frac{U_\phi + 1}{U_\phi}} \leq [\sigma_H]$$

$$1.76 \cdot 275 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 33420 \cdot 1.025 \cdot 1.14 \cdot \frac{4+1}{4}}{40 \cdot 56^2}} \leq [\sigma_H]$$

$$438.1 \text{ Н/м} \leq 441 \text{ Н/м}$$

$$Z_H=1.76; Z_M = 275(\text{Н/мм}^2); K_{HV} = 1.14; U_\phi = 4;$$

Здійснюємо перевірку на втомний злам зубців у розрахунку.

Встановлюємо умови витривалості зуба на згин.

$$\sigma_F = Y_F \cdot \frac{2 \cdot T_1 \cdot K_{Fb} \cdot K_{FV}}{b \cdot d_1 \cdot m} \leq [\sigma_F]$$

$$3.8 \cdot \frac{2 \cdot 33420 \cdot 1.025 \cdot 1.5}{40 \cdot 56 \cdot 2} = 87 \text{ Н/мм}^2 \leq 158.4 \text{ Н/мм}^2$$

$$Y_F = 3.8; K_{Fb} = 1.025; K_{FV} = 1.5; [\sigma_F] = 158.4 \text{ Н/мм}^2;$$

Здійснюється перевірка на перевантаження в розрахунку.

Ці розрахунки виконуються на статичну міцність з урахуванням контактних навантажень та зламу.

$$\text{Умова міцності } \sigma_{Hmax} = \sigma_H \cdot \sqrt{K_\Pi} \leq [\sigma_{Hmax}];$$

$$\sigma_{Hmax} = 438.1 \cdot \sqrt{1.8} = 587.8 \text{ Н/мм}^2 \leq [1232 \text{ Н/мм}^2];$$

$$\sigma_{Fmax} = \sigma_F \cdot K_\Pi \leq [\sigma_{Fmax}];$$

$$\sigma_{Fmax} = 158.44 \cdot 1.8 = 285.2 \text{ Н/мм}^2 \leq 352 \text{ Н/мм}^2;$$

$$K_\Pi = T_{\text{макс}} / T_{\text{ном}} = 1.8.$$

Діючі сили в передачі.

$$\text{Колові сили } F_t = 2T_1 / d_1$$

$$F_{t1} = 2T_1 / d_1 = 2 \cdot 33420 / 56 = 1193.5 \text{ Н}$$

$$F_{t2} = 2T_2 / d_2 = 2 \cdot 128370 / 224 = 1146.2 \text{ Н}$$

$$\text{Радіальні сили } F_r = F_t \cdot \text{tg} \alpha$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \text{tg} \alpha = 1193.5 \cdot \text{tg} 20^\circ = 434.4 \text{ Н}$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \text{tg} \alpha = 1146.2 \cdot \text{tg} 20^\circ = 417.2 \text{ Н}$$

$\alpha = 20^\circ$  - кут зачеплення.

Для виготовлення валів редуктора обирається сталь 45Х з нормалізованими властивостями, яка.  $\sigma_T = 440 \text{ МПа}$  і  $\sigma_B = 690 \text{ МПа}$ .

Діаметри валів редуктора визначаються з урахуванням вимог міцності на кручення в місці закріплення зубчастих коліс.

Для цього використовуються значення крутних моментів, які були обчислені раніше в ході кінематичного та силового розрахунків приводу.  
 $T_1 = 33.42 \text{ Нм}$ ;  $T_2 = 128.37 \text{ Нм}$ ;

Здійснюємо визначення діаметра першого вала редуктора, який також відомий як швидкохідний вал.

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot 10^3}{0.2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{33.42 \cdot 10^3}{0.2 \cdot 15}} = 22.33 \text{ мм}$$

$$[\tau_{кр}] = 15 \text{ Н/мм}^2. d_1 = 25 \text{ мм.}$$

Проводимо розрахунок діаметра другого вала редуктора, відомого як тихохідний вал.

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0.2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{128.37 \cdot 10^3}{0.2 \cdot 25}} = 29.50 \text{ мм}$$

$$[\tau_{кр}] = 25 \text{ Н/мм}^2. d_2 = 30 \text{ мм.}$$

Отримані розміри шківів, зубчастих коліс і зірочок, розташованих на валах редуктора, базуються на попередніх розрахунках пасової передачі, зубчастої передачі та ланцюгової передачі. Розрахунковий діаметр веденого шківів пасової передачі дорівнює 144 мм ( $d_{2П}$ ). Довжина маточини шківів становить 60 мм ( $L$ ), а діаметр вала в місці посадки шківів - 25 мм ( $d_1$ ).

Діаметр дільного колеса на швидкохідному валу складає 56 мм ( $d_1$ ), а його ширина становить 40 мм ( $b_1$ ). Діаметр дільного колеса на зубчастому колесі дорівнює 224 мм ( $d_2$ ), а його ширина - 40 мм ( $b_2$ ).

Відстань між осями зубчастих передач становить 140 мм ( $a$ ). Діаметри валів під підшипники приймаються на рівні 30 мм ( $d_{П1}$ ) та 35 мм ( $d_{П2}$ ).

Зважаючи на компактні розміри редуктора і діаметри валів, ми приймаємо ширину буртиків на валу рівною 5 мм ( $b_B$ ) і ширину розпірних втулок між підшипниками і колесом рівною 10 мм ( $b_{BT}$ ).

Сили, що виникають у передачах, враховуються на основі попередніх розрахунків клинопасової, зубчастої та ланцюгової передач. Важливо

значити, що всі передачі є горизонтальними, тому сили, які діють в клинопасовій та ланцюговій передачах, мають горизонтальну орієнтацію. Сила, що діє на вал в клинопасовій передачі, становить  $F_{\text{кп}}=602.27 \text{ Н}$ . Сила, яка діє на вал в ланцюговій передачі,  $F_{\text{лп}}=1323.54 \text{ Н}$ .

Проводимо розрахунок сил, які виникають в місці зачеплення елементів редуктора.

$$\text{Колова сила } F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 33420}{56} = 1193.6 \text{ Н}$$

$$\text{Радіальна сила } F_r = F_t \cdot \text{tg} \alpha = 1193.6 \cdot \text{tg} 15^\circ = 319.82$$

Враховуючи геометричні параметри шківів, шестерні, розміри підшипників, зазори між обертаючими елементами та корпусом, а також товщину кришки підшипника, ми розробляємо конструкцію вала.

Нижче наведено схематичне зображення швидкохідного вала редуктора.

Відстань між опорами вала обчислюється наступним чином:

$$l = l_1 + l_2 = b_{\text{п}} + 2 \cdot b_{\text{б}} + b_1 = 21 + 2 \cdot 5 + 40 = 71 \text{ мм};$$

$$l_2 = l_3 = \frac{l}{2} = 35.5 \text{ мм};$$

$$l_1 = \frac{L_{\text{мш}}}{2} + S + a + \frac{b_{\text{п}}}{2} = \frac{60}{2} + 10 + 20 + \frac{21}{2} = 70.5 \text{ мм};$$

$b_{\text{п}}=21 \text{ мм}$ .  $d=30 \text{ мм}$ ;  $S=10 \text{ мм}$ ;  $a=20 \text{ мм}$ ;

Проводимо розрахунок реакцій опор вала в площині горизонтальної проєкції.

$$\sum M_{\text{АХ}} = 0; \quad F_{\text{зп}} \cdot l_1 - R_{\text{ВХ}} \cdot l - F_r l_3 = 0$$

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{-F_r l_3 + F_{\text{зп}} \cdot l_1}{l} = \frac{-319.82 \cdot 35.5 + 602.27 \cdot 70.5}{71} = 438.12 \text{ Н}$$

$$\sum M_{\text{ВХ}} = 0; \quad F_{\text{зп}} \cdot (l_1 + l) - R_{\text{АХ}} \cdot l + F_r l_3 = 0$$

$$R_{\text{АХ}} = \frac{F_{\text{зп}} \cdot (l_1 + l) + F_r l_3}{l} = \frac{602.27 \cdot 141.5 + 319.82 \cdot 35.5}{71} = 1360.2 \text{ Н}$$

Виконуємо перевірку реакцій опор вала.

$$\sum F_x = 0; \quad F_{\text{кп}} - R_{\text{АХ}} + F_r + R_{\text{ВХ}} = 602.27 - 1360.2 + 319.82 + 438 \approx 0$$

Для побудови епюри згинальних моментів, викликаних силою, що діє в горизонтальній площині, ми визначаємо згинальні моменти в перерізах між точками I-I та II- II (у центрі шестерні).

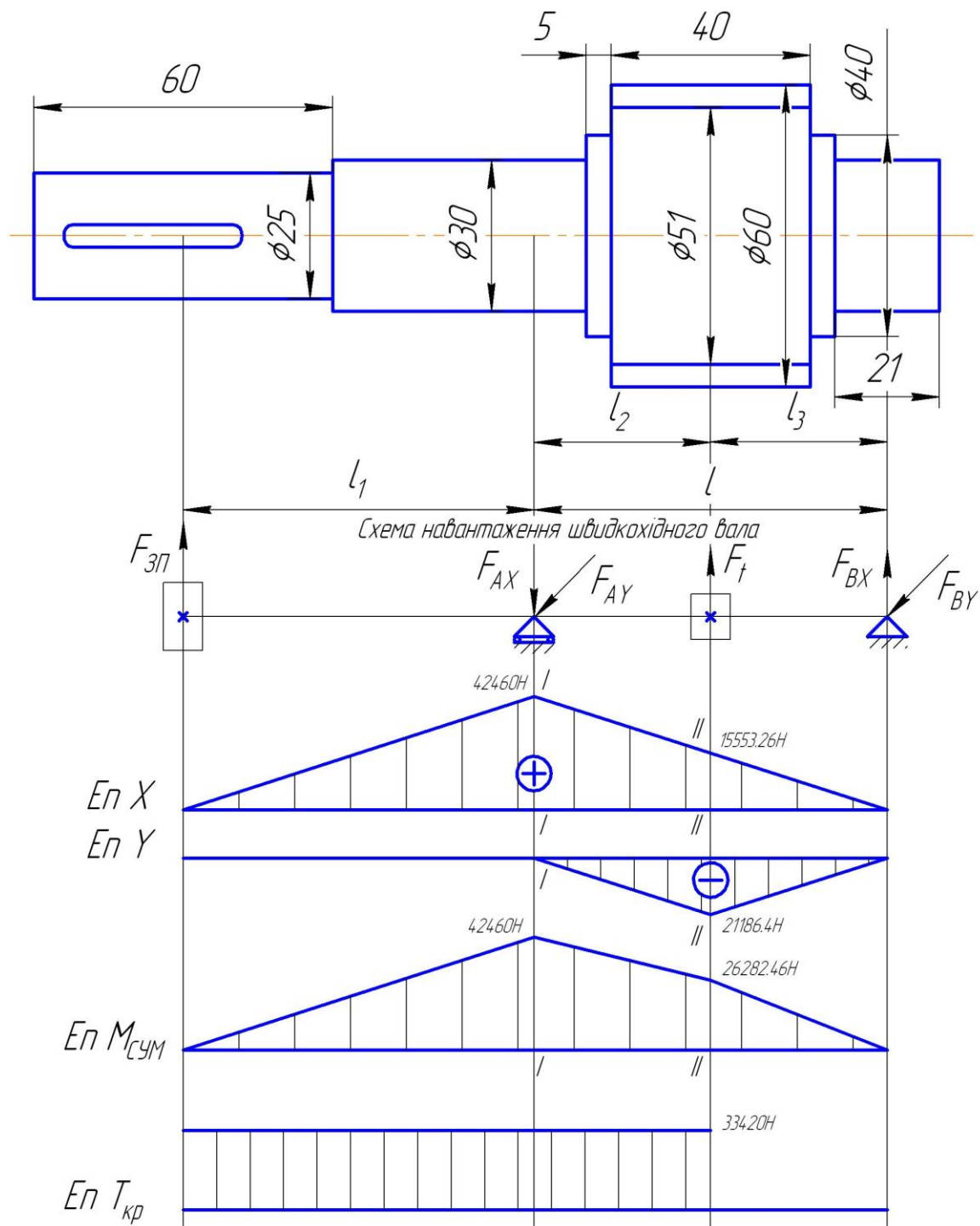


Рис. 3.1. Епюра навантаження швидкохідного вала.

$$M_{X I-I} = F_{3П} \cdot l_1 = 602.27 \cdot 70.5 = 42460 \text{ Нмм}$$

$$M_{X II-II} = R_{BX} \cdot l_3 = 438.12 \cdot 35.5 = 15553.26 \text{ Нмм}$$

Проводимо визначення реакцій опор у вертикальній площині.

$$\sum M_{AY} = 0; \quad R_{BY} \cdot l - F_t \cdot l_2 = 0$$

$$R_{AY} = \frac{F_t \cdot l_2}{l} = \frac{1193.6 \cdot 35.5}{71} = 596.8 \text{ Н}$$

$$\sum M_{BY} = 0; \quad -R_{AY} \cdot l + F_t l_3 = 0$$

$$R_{BY} = \frac{F_t \cdot l_3}{l} = \frac{1193.6 \cdot 35.5}{71} = 596.8 \text{ Н}$$

Здійснюємо перевірку реакцій опор.

$$\sum F_Y = 0; \quad -R_{AY} + F_t - R_{BY} = -596.8 + 1193.6 - 596.8 = 0;$$

Розраховуємо момент згину в перерізі вала між точками II та II.

$$M_{YII-II} = -R_{AY} \cdot l_2 = -596.8 \cdot 35.5 = -21186.4 \text{ Нм}$$

Розраховуємо загальний згинальний момент в перерізах вала між точками I-I та II- II.

$$M_{\text{СУМ}(I-I)} = \sqrt{(M_{X I-I})^2 + (M_{Y I-I})^2} = \sqrt{(42460)^2 + (0)^2} = 42460 \text{ Нмм}$$

$$M_{\text{СУМ}(II-II)} = \sqrt{(M_{X II-II})^2 + (M_{Y II-II})^2} = \sqrt{(15553.26)^2 + (-21186.4)^2} = 26282.46 \text{ Нмм}$$

Обчислюємо значення номінальних напружень в перерізі між точками I-I.

$$\sigma_{3\Gamma} = \frac{M_{3\Gamma(I-I)}}{W_Z} = \frac{M_{3\Gamma(I-I)}}{0.1 \cdot d^3} = \frac{42460}{0.1 \cdot 30^3} = 15.73 \text{ МПа}$$

Розраховуємо значення номінальних напружень кручення в перерізі між точками I-I.

$$\tau = \frac{T_{\text{КР}}}{W_P} = \frac{T_{\text{КР}}}{0.2 \cdot d^3} = \frac{33420}{0.2 \cdot 30^3} = 6.2 \text{ МПа}$$

Обчислюємо значення еквівалентних напружень в перерізі між точками I-I.

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_{3\Gamma}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{15.73^2 + 4 \cdot 6.2^2} = 20.02 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення максимальних еквівалентних напружень під час короткочасних перевантажень.

$$\sigma_{E \text{ max}} = \sigma_E \cdot K_{\Pi} = 20.02 \cdot 1.8 = 36.04 \text{ МПа}$$

$$K_{\Pi} = T_{\text{max}} / T_{\text{ном}} = 1.8.$$

Визначаємо значення еквівалентних напружень, які вважаються прийнятними або допустимими.

$$[\sigma]_E = 0.8 \cdot \sigma_T = 0.8 \cdot 440 = 352 \text{ МПа},$$

Умова статичної міцності вала в перерізі I-I задовольняється, оскільки.

$$\sigma_{E \max} = 36.04 \text{ МПа} \leq [\sigma]_E = 352 \text{ МПа}.$$

Проводимо розрахунок вала на втомну міцність.

У перерізі I-I виникають нормальні та дотичні напруження, тому необхідно встановити коефіцієнти безпеки щодо міцності для нормальних та дотичних напружень.

Визначаємо межі втоми матеріалу:

$$\sigma_{-1} = 0.45 \cdot \sigma_B = 0.45 \cdot 690 = 310.5 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 0.25 \cdot \sigma_B = 0.25 \cdot 690 = 172.5 \text{ МПа}$$

Провести визначення амплітуди нормальних та дотичних напружень.

$$\sigma_a = \frac{M_{3Г(I-I)}}{W_{ZH}} = \frac{M_{3Г(I-I)}}{0.1 \cdot d^3} = \frac{42460}{0.1 \cdot 30^3} = 15.73 \text{ МПа}$$

$$\tau_a = \frac{T_{KP}}{W_{PH}} = \frac{T_{KP}}{2 \cdot 0.2 \cdot d^3} = \frac{33420}{2 \cdot 0.2 \cdot 30^3} = 3.1 \text{ МПа}$$

Провести розрахунок коефіцієнтів концентрації напруження.

$$K_\sigma = 2.4. K_\tau = 1.8$$

Обчислюємо коефіцієнт, який враховує чутливість матеріалу валу до нерівномірності циклу зміни напружень за допомогою відповідної формули.

$$\psi_\sigma = 0.02 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_B = 0.02 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot 690 = 0.158$$

$$\psi_\tau = 0.5 \cdot \psi_\sigma = 0.079$$

Добираємо коефіцієнт, який враховує ефект впливу абсолютних розмірів перерізу валу.  $K_d = 0.77$ .

Проводимо розрахунок коефіцієнтів безпеки втомної міцності для нормальних і тангенціальних напружень.

Визначаємо загальний розрахунковий коефіцієнт безпеки втомної міцності в перерізі I-I.

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{(S_\sigma)^2 + (S_\tau)^2}} = \frac{6.33 \cdot 23.8}{\sqrt{6.33^2 + 23.8^2}} = 6.1$$

Знаходимо нижню межу допустимого коефіцієнта запасу міцності для валів редукторів загального використання.  $[S] = 1.5 \dots 2.5$ .

Ми гарантуємо втомну міцність вала в перерізі I-I.:

$$S = 6.1 \geq [S] = 1.5 \dots 2.3.$$

Діаметр ведучої зірочки ланцюгової передачі, що встановлена на веденому валу, обчислюється.  $d_{01} = 202.65 \text{ мм}$ . Зазначена довжина маточини зірочки становить  $L = 60 \text{ мм}$ . Діаметр вала в місці посадки зірочки має такі розміри.  $d_1 = 30 \text{ мм}$ .

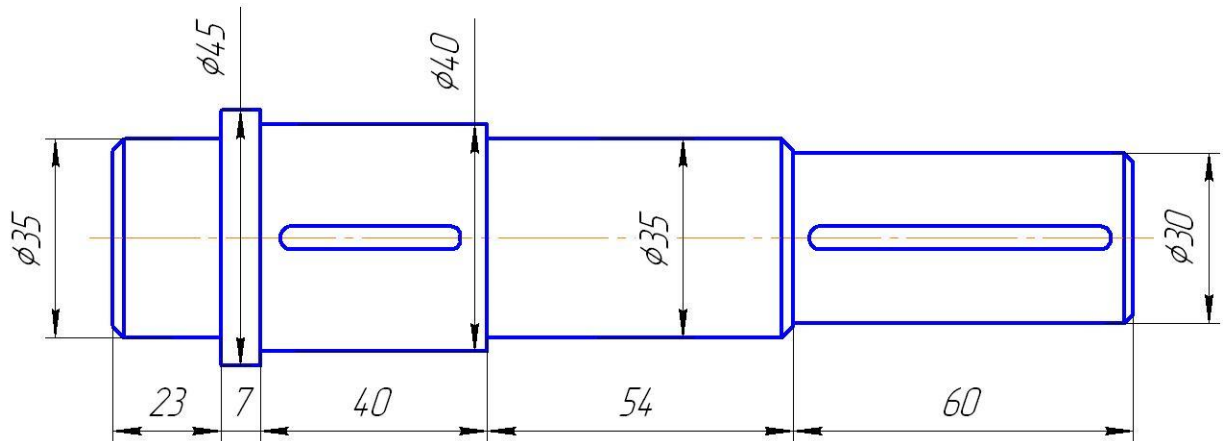


Рис. 3.2 Геометричні розміри тихохідного вала.

Ми визначаємо діаметр вала, який призначений для установки під підшипники.  $d_{n2} = 35 \text{ мм}$ .

Розміри колеса враховані в конструкції вала.

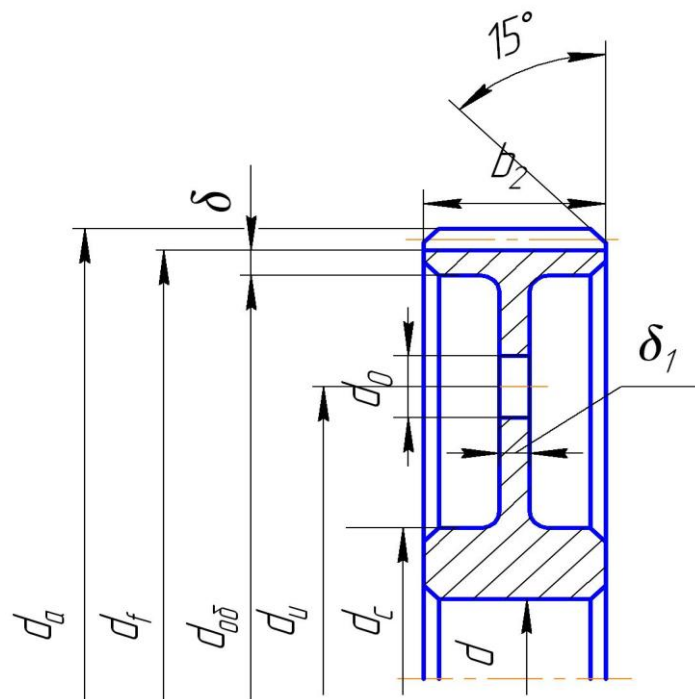


Рис. 3.3 Геометричні розміри колеса.

$$\delta = 3 \cdot m_n + 2 = 8 \text{ мм};$$

$$\delta_1 = 0.3 \cdot b_2 = 12 \text{ мм};$$



$$d_c = 1.6 \cdot d = 64 \text{ мм};$$

$$b_2 = 40 \text{ мм}; d = 40 \text{ мм}; d_0 = 25 \text{ мм};$$

$$d_u = 138 \text{ мм}; d_{об} = d_{f2} - \delta = 219 - 8 = 211 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = 219 \text{ мм}; d_a = 228 \text{ мм};$$

Провести підбір і перевірку довговічності кулькових підшипників для швидкохідного і тихохідного вала шевронового циліндричного редуктора з використанням наступних даних:

Швидкохідний вал: реакції опор  $R_A = R_B = 1360.2 \text{ Н}$ ; кутова швидкість  $\omega_2 = 150.7 \text{ рад/с}$ ; діаметр цапфи вала  $d = 30 \text{ мм}$ ; бажана довговічність підшипника  $t = 12000 \text{ год}$ ; зубчаста передача ступеня точності 7-го ступеня точності.

Враховуючи діаметр цапфи вала, обираємо радіальні кулькові підшипники легкої серії 206 згідно зі стандартом, які мають динамічну вантажопідъемність  $C = 15,0 \text{ кН}$ .

Провести розрахунок еквівалентного динамічного навантаження.  
 $11K_6 = 1.5$

$$P = V \cdot R_a \cdot K_6 = 1 \cdot 1360.2 \cdot 1.5 = 2040.3 \text{ Н}$$

Виконуємо обчислення розрахункової довговічності.

$$L_h = \frac{1740}{\omega} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \frac{1740}{150.7} \cdot \left(\frac{15000}{2040.3}\right)^3 = 4588.05 \text{ год.}$$

Підшипник 206 не є придатним, оскільки не відповідає вимогам.  $L_h < t$

Ми обираємо середню серію кулькових підшипників 306 згідно зі стандартом, які мають відповідну динамічну вантажопідйомність.  $C = 21.6 \text{ кН}$

Ми проводимо перевірку довговічності нових підшипників.

$$L_h = \frac{1740}{\omega} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \frac{1740}{150.7} \cdot \left(\frac{21600}{2040.3}\right)^3 = 13699.83 \text{ год.}$$

Підшипник 306 відповідає нашим вимогам і може бути використаний.  
 $L_h \geq t$

Для тихохідного вала ми обираємо підшипники серії 307.

Змашування зубчастого зачеплення здійснюється шляхом занурення зубчастого колеса в масло, яке наливається в середину корпусу до потрібного

рівня. Цей рівень масла контролюється за допомогою індикатора рівня. Рівень масла повинен забезпечувати занурення колеса на глибину приблизно 10-12 мм.

Об'єм масляної ванни  $V$  вираховуємо із розрахунку  $0.25\text{дм}^3$  масла на  $1\text{кВт}$   $V = 0.25 \cdot 4.837 = 1.21 \text{ дм}^3$ .

При встановленні контактних напружень  $\sigma_n = 438.1$  та швидкості  $V = 4.22$  м/с, рекомендована в'язкість масла повинна бути приблизно  $28 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Для цих умов ми використовуємо масло індустриальне Н30А і заповнюємо камери підшипників пластичним зміщуваним матеріалом УТ-1. Масло додавати періодично за допомогою шприцу через прес-масльонку.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Техніка безпеки при роботі з компресорними установками

При експлуатації компресорних установок може статися вибух, основними причинами якого є:

- неправильний монтаж, незадовільне обслуговування і утримання;
- перегрівання стінок компресора внаслідок значного підвищення температури стисненого повітря;
- порушення роботи системи змащування, низька якість мастильних речовин, загоряння і вибух парів змащувальних речовин, самоспалахування газоповітряної суміші;
- перевищення допустимого тиску;
- засмоктування забрудненого повітря;
- накопичення нагару, відкладання окислів заліза на холодних частинах системи;
- несправність контрольного манометра, запобіжних клапанів та інших приладів безпеки;
- виникнення зарядів статичного струму на корпусі при інтенсивному витрачанні стисненого повітря.

Найбільш поширеною причиною аварій компресорів є підвищення розрахункового тиску і температури, що призводить до зміни структури металу, порушення його механічної цілісності, а відтак і до вибуху.

Контроль і регулювання величини тиску стисненого повітря у компресорі здійснюється запобіжними клапанами, які встановлюються на всіх ступенях стиснення і автоматичним регулятором тиску, який при перевищенні допустимого тиску переводить компресор на холостий хід.

Запобіжні клапани автоматично знижують тиск до нормального і випускають надлишок повітря в атмосферу. Тиск повітря (при робочому від 3 до 60 атм.) регулюється так, щоб не перевищувати робочий понад 15 %. Запобіжні клапани перевіряються під тиском один раз на місяць. Один раз на 6

місяців випробовуються всі манометри контрольним манометром, який у свою чергу перевіряється один раз на рік.

Вимоги безпеки, що ставляться до обслуговування компресорних установок.

Усім робітникам, що обслуговують компресорні установки, видається інструкція з безпечної їх експлуатації. До обслуговування компресорних установок допускаються особи не молодші 18 років, які мають посвідчення на право їх експлуатації, відповідний стан здоров'я та знання з питань промислової і пожежної безпеки.

Перед початком роботи машиніст зобов'язаний впевнитись у справності установки, перевірити систему змащування, охолодження і здійснити пуск відповідно до Інструкції.

Перед пуском компресора у роботу необхідно встановити продувальні крани холодильника і повітрязбірника, а також роздавальний вентиль у положення "Відкрито". Включивши двигун перевірити роботу компресора на холостому ходу, закрити спочатку роздавальний вентиль, а потім продувні крани. Після цього за допомогою роздавального вентиля або продувних кранів відрегулювати робочий тиск повітря у повітрязбірнику (ресивері).

При роботі компресорних установок обслуговуючий персонал веде щозмінний запис про витрату компресорного масла. Витрата масла для змащування циліндрів і сальників контролюється кожену зміну. Вона не має перевищувати величину, вказану у заводській інструкції.

Зберігають масло у приміщенні компресорної установки тільки у спеціальному оцинкованому посуді з написом "Чисте компресорне масло" у кількості, що не перевищує тижневої потреби.

Обслуговуючий персонал під час роботи компресорної установки має контролювати:

- тиск і температуру повітря після кожного ступеня стиснення та після холодильників;
- безперервність надходження у компресори і холодильники охолодженої води;
- тиск, температуру і рівень масла у системі змащування.

У журналі роботи машиніст має записувати час пуску і зупинки компресора, причину зупинки, проведені періодичні перевірки запобіжних клапанів і манометрів, спуск конденсату і масла і т. ін.

Журнал роботи перевіряється і щодобово підписується особою, яка відповідає за безпечну експлуатацію компресорної установки. На кожен компресорну установку, що знаходиться у роботі, має бути заведена технічна документація відповідно до Правил та інших регламентів.

Компресорну установку негайно зупиняють у випадках, якщо:

- манометри на будь-якому ступені компресії показують тиск, що перевищує допустиму межу;
- манометр системи змащування механізму руху показує тиск, нижчий від допустимої нижньої межі;
- раптово припинилася подача води для охолодження;
- відчутні стуки, удари в компресорі або в двигуні, чи виявлені інші несправності, що можуть призвести до аварії;
- температура стисненого повітря вища за гранично допустиму норму, встановлену паспортними даними;
- наявний запах горіння або диму із компресора або електродвигуна; помітно зростає рівень вібрації компресора або електродвигуна. При появі несправності навіть в одному з приладів безпеки, компресор не може бути запущений у роботу. Під час перерви у роботі компресорну установку необхідно зупинити.

Усувати будь-яку несправність, виявлену на контрольно-вимірювальних приладах, дозволяється тільки у присутності особи, яка несе повну відповідальність за безпечну експлуатацію компресорної установки.

Операції, які необхідно виконати перед початком роботи компресорів:

Перед початком роботи необхідно перевірити стан і надійність кріплення арматури, захисного заземлення, контрольно-вимірювальних і сигнальних приладів, а також наявність і справність пломб на запобіжних клапанах, манометрах та іншій апаратурі, яка має бути опломбованою.

Кожний запобіжний клапан компресорної установки має бути відрегульований і опломбований, мати пристрій для його примусового

відкривання під час роботи, натяжні гайки пружинних запобіжних клапанів також мають бути опломбованими. Вантаж важільних запобіжних клапанів після регулювання закріплюють, закривають металевими, кожухами і опломбовують. Після регулювання запобіжних клапанів необхідно скласти відповідний акт.

Відносна вологість повітря, що засмоктується у компресор, не може перевищувати 60 %. До подачі повітря у циліндри компресора, його необхідно очистити від пилу, бризок масла, водяної пари і інших забруднень. Потрапляння забрудненого повітря у компресор веде до тертя, що утворює заряд статичного струму. Довжина іскри при цьому може досягати 20 мм. Захистом від статичного струму передбачено влаштування заземлення.

#### **4.2 Класифікація причин виробничого травматизму**

У системі профілактики виробничого травматизму й професійних захворювань має бути аналіз причин, що їх зумовлюють та особливий контроль і нагляд за травмо небезпечними ділянками робіт, та параметрами виробничого середовища.

У виробничій сфері рівень травматизму і професійних захворювань взаємопов'язаний з технологічними процесами, обладнанням, а також науково обґрунтованою організацією виробництва та ергономічною організацією робочого місця.

Статистика свідчить про те, що більшість виробничих травм в межах держави скоюється через ігнорування та нехтування працюючими елементарних вимог правил і норм безпеки під час виконання робіт.

В процесі розслідування й аналізу нещасних випадків встановлено, що переважна більшість (до 80%) їх трапляється не з технічних чи технологічних причин, а через неправильну організацію праці та дію людського чинника.

У виробничому середовищі людина вступає в контактні виробничі відносини через засоби і предмети праці між якими існує прямий і зворотній зв'язок.

Засоби праці через управління ними людиною впливають на предмет праці, який якісно змінюється або ж змінює своє положення в просторі. Наприклад, машиніст розробляє екскаватором ґрунт, вантажить його на машини чим змінює його положення у просторі. Однак і засоби праці одночасно впливають на людину, так машиніст при розробці слабких ґрунтів може отримати травму через перекидання екскаватора і т. ін.

Отже у виробничій сфері в процесі взаємодії виробничих елементів на організм людини діють, як засоби так і предмети праці, а від так організаційні і технічні чинники, а також чинники особистого характеру, що стосуються дотримання технологічної та трудової дисципліни.

Дослідженням причин виробничого травматизму і професійних захворювань встановлено таку їх класифікацію:

- Організаційні причини
- Технічні причини
- Психофізіологічні причини

До організаційних причин належить: неправильна організація праці або робочого місця, відсутність інструктажів або неякісне їх проведення, порушення технологічного режиму або трудової дисципліни, відсутність інструкцій з безпеки праці на робочих місцях, неузгодженість у діях, відсутність ПВР (проектів виробництва робіт), а також нагляду й контролю за виробничою діяльністю, відсутність засобів захисту, спецодягу і т. ін..

До технічних причин належить: проектні і конструктивні недоліки, невідповідність обладнання, транспортних та енергетичних пристроїв вимогам безпеки, недосконалість конструкцій машин, блокувальних систем, сигналізації, неправильний режим технологічного процесу, недосконале його виконання, відсутність інженерних розрахунків і т. ін..

До психофізіологічних причин належить: невідповідність умов праці анатомо-фізіологічним і психологічним характеристикам організму людини, незадовільний психологічний клімат в колективі, хворобливі стани, високий ступінь ризику, вживання алкоголю, втома і т. ін..

Така класифікація причин виробничого травматизму є досить умовною. Причинами виробничого травматизму та професійних захворювань, як

показують результати розслідування, слід вважати групу взаємодіючих чинників, що пов'язані з організацією виробничої діяльності яка може спричиняти різний негативний вплив на організм людини. Здебільшого виробничі нещасні випадки та професійні захворювання носять не однопричинний, або багатопричинний характер.

Усі зазначені причини виробничого травматизму та іншого негативного впливу мають бути системою організаційних і технічних засобів, що запобігають діям шкідливих та небезпечних виробничих чинників на організм людини.

Під організаційними заходами розуміють правильну організацію праці та робочих місць, дотримання відповідного режиму праці та відпочинку, проведення якісного навчання та інструктажів. Сюди слід віднести: постійний нагляд і контроль за дотриманням вимог законодавчих актів, огороження об'єктів, небезпечних зон, облаштування проходів і проїздів, забезпечення системи освітлення та санітарно-побутового обслуговування працюючих і т. ін..

Під технічними заходами розуміють належне використання існуючих спеціальних колективних та індивідуальних засобів працюючих, виконання відповідних інженерних розрахунків, що забезпечують безпечне виконання робіт при використанні електричного струму фізичних, біологічних або інших потужностей, що певною мірою можуть спричиняти виникнення небезпечних або шкідливих обставин у виробничій сфері.

Встановлення причин виробничого травматизму і професійних захворювань має запобіжну мету, а також міру визначення відповідальності посадових осіб.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі розроблення технологічного процесу ремонту шин автобусів МАЗ-206 було проведено аналіз основних етапів та вимог, необхідних для ефективного та якісного виконання ремонтних робіт. Було виявлено, що ремонт шин автобусів МАЗ-206 вимагає здійснення комплексу заходів, що включають перевірку стану шин, виявлення пошкоджень, ремонт або заміну окремих елементів, балансування та регулювання.

В процесі розроблення технологічного процесу було враховано особливості шин МАЗ-206, такі як їхні розміри, тип протектора та специфіка експлуатації. Було розроблено послідовність дій та вказівки щодо використання необхідного обладнання та інструментів для виконання ремонтних операцій.

Технологічний процес ремонту шин автобусів МАЗ-206 дозволяє досягти покращення їхнього стану, забезпечити безпеку та надійність експлуатації транспортних засобів. Однак, для досягнення оптимальних результатів та забезпечення високої якості ремонту, рекомендується дотримуватись розробленого технологічного процесу, використовувати високоякісні матеріали та залучати кваліфікованих фахівців.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
5. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

17. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

18. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.

19. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

20. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.

21. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.