



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

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«20» листопада 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Дмитриву Михайлу Анатолійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу по ремонту, реставрації і аналізу післяремонтного стану механізмів рульового керування з рейкою з дослідженням використання нових полімер

Керівник роботи Гудь Віктор Зіновійович., д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1071

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи

двигуна.

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

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

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Рульове керування – 1А1.

Стенд для розборки-зборки механізму рульового керування – 1А1.

Корпус – А2. Рейка рульового механізму – 1А2.

Динамометр-люфтомір моделі К402 – 1А1.

Аналіз мікроскопії полімерних композиційних матеріалів – 1А1.

Термічні властивості ПКМ – 2А1.

Дільниця для ремонту рульового керування – 1А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 20.11.2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	23.11.2023	
2	Технологічний розділ	29.11.2023	
3	Конструкторський розділ	04.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	06.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	20.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дмитрів М.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гудь В.З.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Розробка технологічного процесу по ремонту, реставрації і аналізу після ремонтного стану механізмів рульового керування з рейкою з дослідженням використання нових полімер».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Гудь В.З.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 61 сторінка формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова: рульовий механізм, припрацювання, відновлення, тертя, довговічність.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	6
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	7
1.1 Типи рульових рейок.....	7
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	14
2.1 Перевірка та оцінка стану рульової системи в транспортному засобі.....	14
2.2 Демонтаж та монтаж на автомобіль.....	15
2.3 Демонтаж та монтаж механізму рульового керування.....	16
2.4 Оцінка технічного стану.....	26
2.5 Розрахунок трудомісткості ремонту.....	27
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....	29
3.1 Вибір матеріалів для системи керування.....	29
3.2 Властивості матеріалу в контексті термообробки.....	29
3.3 Проведення розрахунків.....	31
3.4 Проектування та аналіз.....	33
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	36
4.1 Аналіз мікроскопії полімерних композиційних матеріалів.....	36
4.2 Термічні властивості ПКМ.....	41
4.3 Термогравіметричний аналіз з диференціацією.....	47
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b> .....	51
5.1 Аналіз дій працівників в небезпечних ситуаціях.....	51
5.2 Основні принципи та способи захисту населення і території. Інженерний захист робітників та службовців об'єкту.....	54
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....	58
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b> .....	59
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

У сучасному світі технічний прогрес та інновації в галузі автомобільної інженерії невіддільно розвиваються, ставлячи нові вимоги до якості, безпеки та надійності транспортних засобів. Одним із ключових елементів, що забезпечують безпеку руху, є механізми рульового керування. Ця кваліфікаційна робота магістра спрямована на розробку технологічного процесу по ремонту та реставрації механізмів рульового керування з рейкою, а також аналіз їх стану після ремонту, з особливим акцентом на використання інноваційних полімерних матеріалів.

Актуальність даної роботи обумовлена зростаючими вимогами до ефективності, довговічності та екологічності ремонтних робіт у автомобільній промисловості. Використання новітніх полімерів може значно підвищити якість ремонту, забезпечивши кращі експлуатаційні характеристики і знижуючи вплив на довкілля. Дана робота передбачає детальне дослідження властивостей та можливостей застосування нових полімерних матеріалів, а також розробку оптимізованих методів їх використання у процесах ремонту та реставрації рульових механізмів. Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка та впровадження нових технологій, що дозволять підвищити ефективність ремонтних робіт, забезпечити високу якість відновлення рульових механізмів та подовжити термін їх служби. Робота містить комплексний аналіз існуючих технологій, а також розробку нових підходів, базуючись на сучасних наукових дослідженнях у галузі матеріалознавства та механіки.

В ході роботи буде проведено аналіз ринку полімерних матеріалів, вивчено їх властивості та можливості застосування у ремонтних процесах, а також розроблено рекомендації щодо вибору оптимальних матеріалів для конкретних типів ремонтних робіт. Особлива увага буде приділена аспектам безпеки, надійності та екологічності ремонтних процесів.

Завдання, поставлені у цій роботі, не лише мають наукове значення, але й сприятимуть покращенню якості послуг у сфері ремонту та обслуговування автомобільної техніки, відповідаючи сучасним стандартам і вимогам.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Типи рульових рейок

Три основні варіанти дизайну рульових механізмів є загальноприйнятими:

Перший тип дизайну рульових механізмів, оснащений гідравлічним підсилювачем керма, ділиться на дві категорії:

Ті, що не мають сервотроніка (див. рис. 1.1)

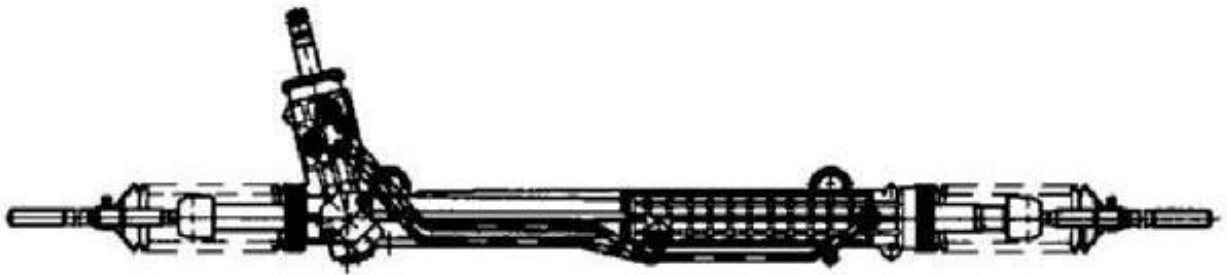


Рис. 1.1. Не мають сервотроніку

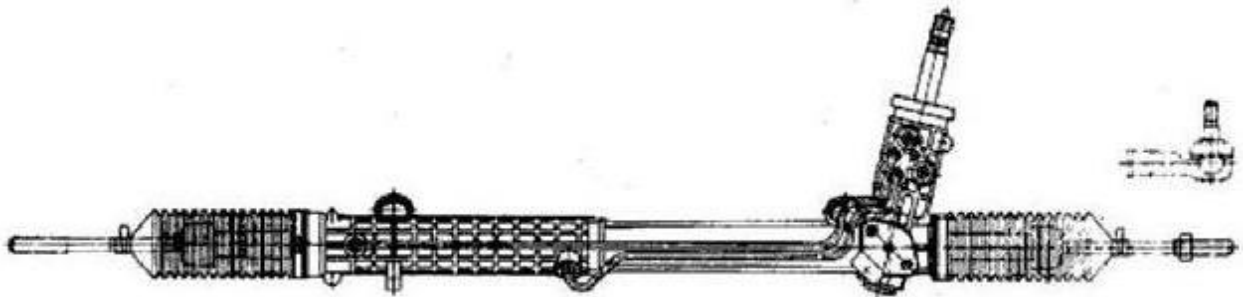


Рис. 1.2. Мають сервотроніку.

Варіації дизайну рульових механізмів із гідравлічним посилювачем керма поділяються на дві категорії:

Одні - без використання сервотроніки (див. рис. 1.3), інші - із застосуванням сервотроніки (див. рис. 1.4).

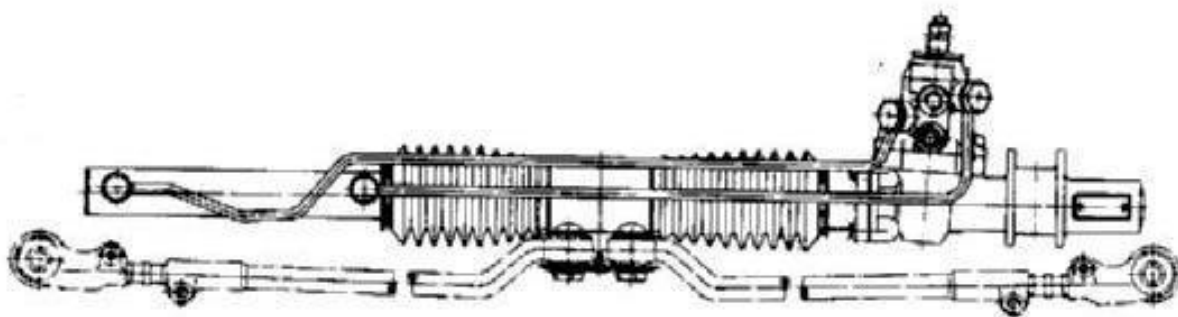


Рис. 1.3. Без використання сервотроніки

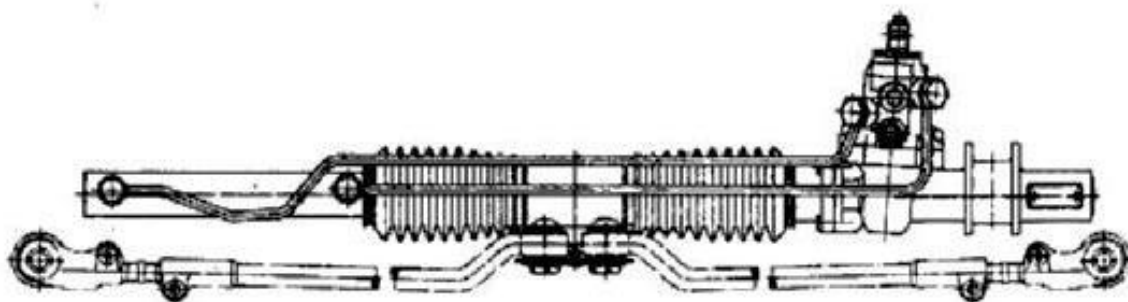


Рис. 1.4. Із застосуванням сервотроніки

Види конструкцій - механічні системи керма - представлені у двох варіантах.

Перша модель (зображено на рис. 1.5).

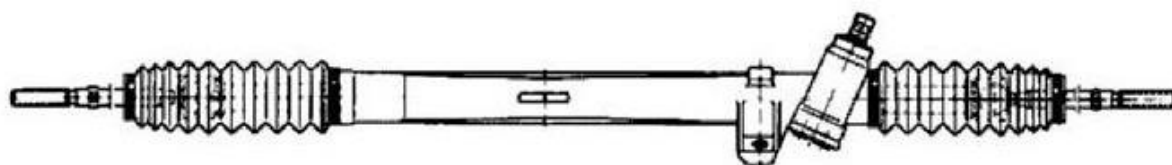


Рис. 1.5.

Друга модель (зображено на рис. 1.6).



Рис. 1.6.



Конструкція рульової рейки зображена на рис. 1.7.

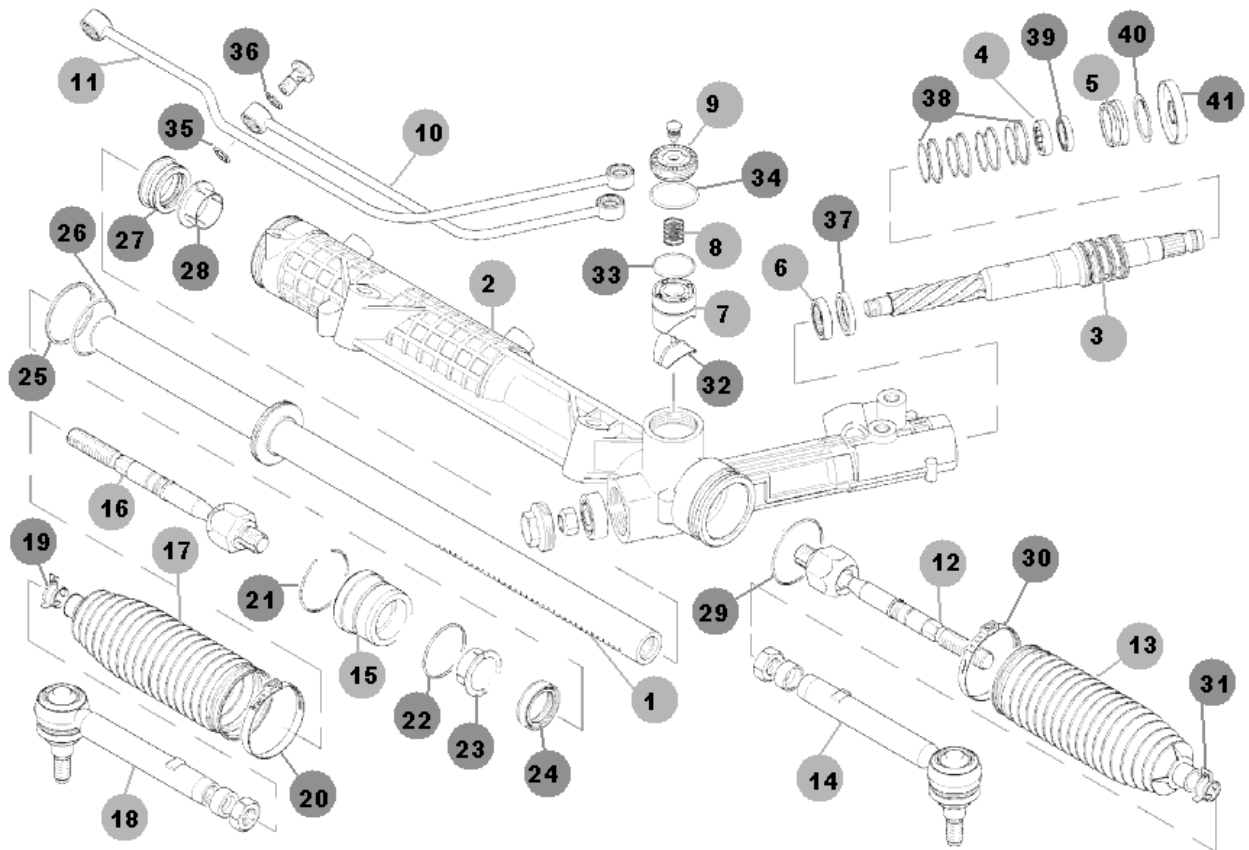


Рис. 1.7. Конструкція рульової рейки без сервотроніки 1-й вид:

1. вал рульової рейки, 2. корпус рульової рейки, 3. золотник, 4. верхній підшипник, 5. золотник, 6. кришка золотника, 7. середній підшипник золотника, 8. регулювальний притиск, 9. пружина, 10. гайка регулювального притиску, 11. трубопровід рульової рейки, 12. рульова тяга, 13. пильовик рульової тяги, 14. наконечник рульової тяги, 15. права втулка, 16. рульова тяга, 17. пильовик рульової тяги, 18. наконечник рульової тяги, 19. хомут пильовика рульової тяги, 20. хомут пильовика рульової тяги, 21. стопорне кільце, 22. ущільнювальне кільце, 23. права втулка ковзання, 24. сальник силового циліндра, 25. ущільнювальне кільце поршня, 26. ущільнювальне кільце поршня, 27. сальник силового циліндра, 28. втулка ковзання, 29. ущільнювальне кільце, 30. хомут пильовика рульової тяги, 31. хомут пильовика рульової тяги, 32. вкладиш притиску, 33. ущільнювальне кільце, 34. ущільнювальне кільце, 35. ущільнювальне кільце трубопроводу, 36. ущільнювальне кільце трубопроводу, 37. середній сальник золотника, 38. ущільнювальні кільця золотника, 39. верхній сальник золотника, 40. ущільнювальне кільце втулки золотника, 41. Брудозатримувач.

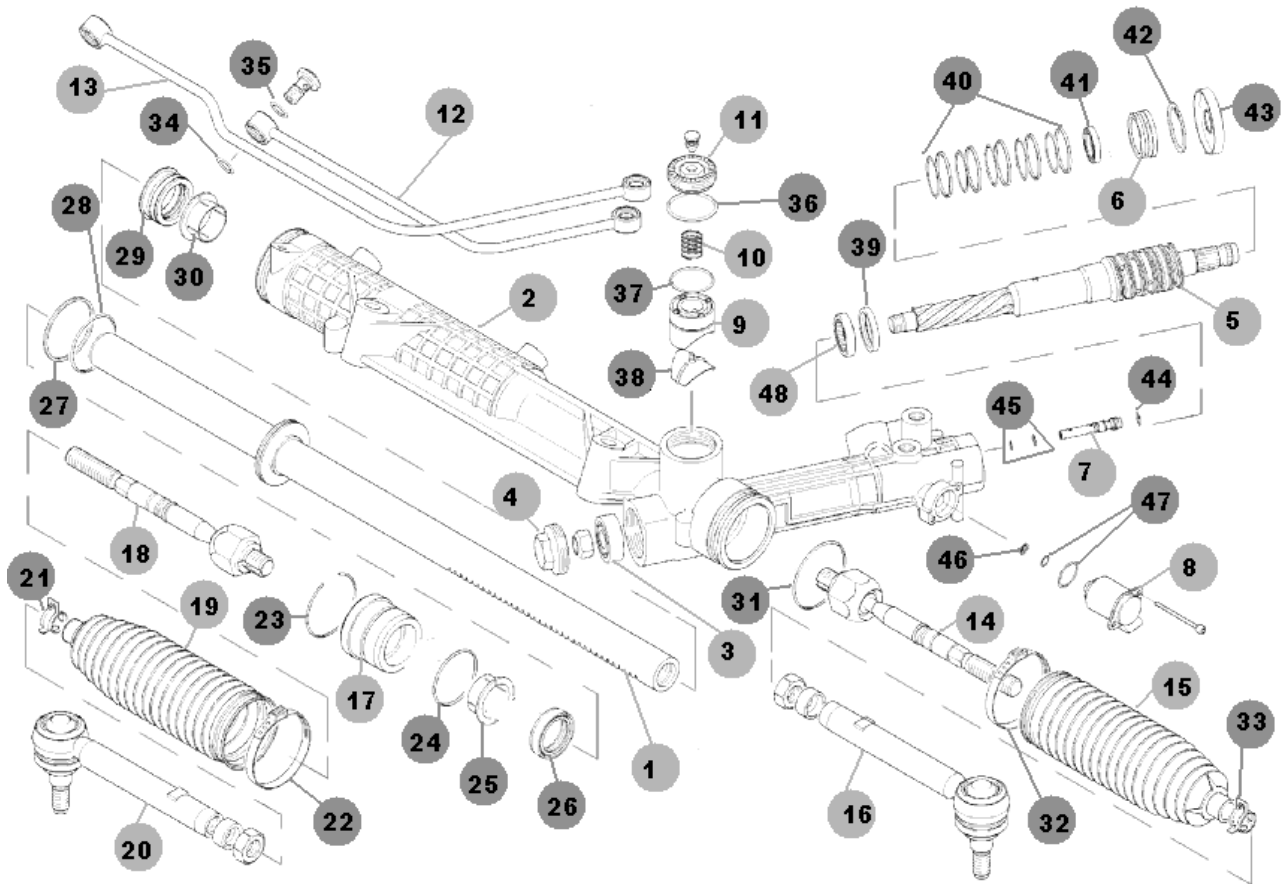


Рис. 1.8. Конструкція рульової рейки з сервотронікою 1-й вид:

1. вал рульової рейки, 2. корпус рульової рейки, 3. нижній підшипник золотника,
4. кришка нижнього підшипника золотника, 5. золотник, 6. кришка золотника,
7. регулювальний клапан, 8. датчик сервотроніка, 9. притиск, 10. пружина,
11. гайка притиску, 12. трубопровід рульової рейки, 13. трубопровід рульової рейки,
15. рульова тяга, 16. пильовик рульової тяги, 17. наконечник рульової тяги,
18. права втулка, 19. рульова тяга, пильовик рульової тяги 20. наконечник рульової тяги,
21. хомут пильовика рульової тяги, 22. хомут пильовика рульової тяги,
23. стопорне кільце, 24. ущільнювальне кільце, 25. втулка ковзання,
26. сальник силового циліндра, 27. ущільнювальне кільце поршня,
28. ущільнювальне кільце поршня, 29. сальник силового циліндра, 30. втулка ковзання,
31. ущільнювальне кільце, 32. хомут пильовика рульової тяги,
33. хомут пильовика рульової тяги, 34. ущільнювальне кільце, 35. ущільнювальне кільце,
36. ущільнювальне кільце, 37. ущільнювальне кільце, 38. вкладиш притиску,
39. нижній сальник золотника, 40. ущільнювальні кільця золотника,
41. верхній сальник золотника, 42. ущільнювальне кільце, 43. грязьовловлювач,
44. ущільнювальне кільце, 45. ущільнювальні кільця, 46. фільтр сервотроніка,
47. ущільнювальні кільця.

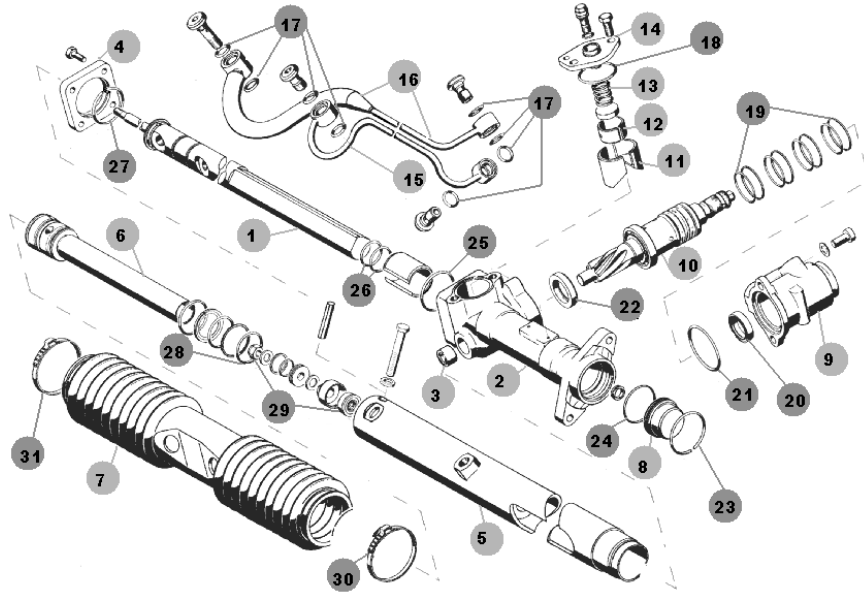


Рис. 1.9. Конструкція рульової рейки без сервотроніки 2-й вид:

1. вал рульової рейки, 2. корпус рульової рейки, 3. нижній підшипник золотника, 4. фланець, 5. корпус силового циліндра, 6. силовий циліндр, 7. пильовик рульової рейки, 8. заглушка, 9. корпус золотника, 10. золотник, 11. притиск, 12. напрямна притиску, 13. пружина, 14. фіксатор притиску, 15. трубопровід рульової рейки, 16. трубопровід рульової рейки, 17. ущільнювальні кільця (8 шт), 18. ущільнювальне кільце, 19. ущільнювальні кільця золотника, 20. верхній сальник золотника, 21. ущільнювальне кільце, 22. нижній сальник золотника, 23. стопорне кільце, 24. ущільнювальне кільце, 25. ущільнювальне кільце, 26. ущільнювальне кільце, 27. ущільнювальне кільце, 28. ущільнення поршня, 29. ущільнення силового циліндра, 30. хомут пильовика рульової рейки, 31. хомут пильовика рульової рейки.

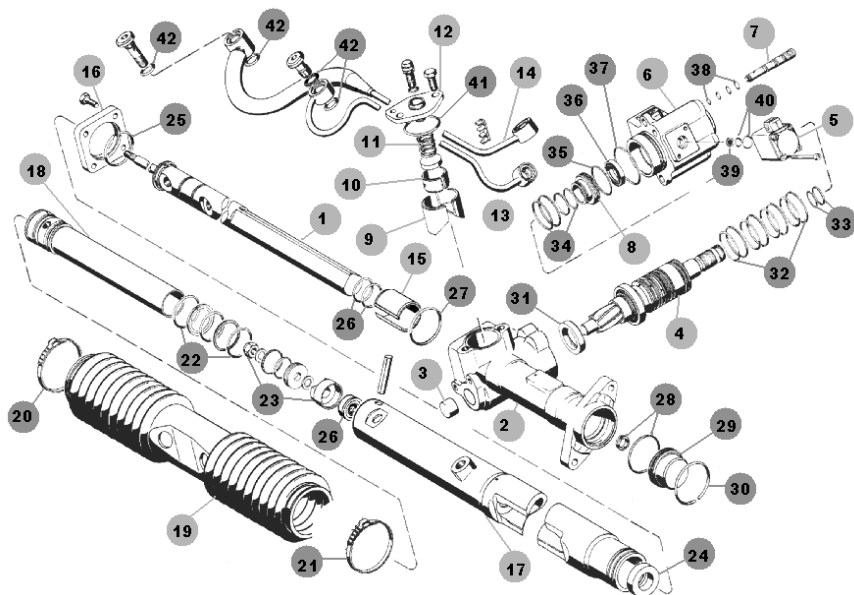


Рис. 1.10. Конструкція рульової рейки з сервотронікою 2-й вид:

1. вал рульової рейки, 2. корпус рульової рейки, 3. нижній підшипник золотника, 4. золотник, 5. датчик сервотроніка, 6. корпус золотника, 7. регулювальний клапан сервотроніка, 8. регулятор сервотроніка, 9. вкладиші притиску, 10. Напрямна притиску, 11. пружина, 12. фіксатор притиску, 13. трубопровід рульової рейки, 14. трубопровід рульової рейки, 15. середня втулка ковзання, 16. фланець, 17. корпус силового циліндра, 18. силовий циліндр, 19. пильовик рульової рейки, 20. хомут пильовика, 21. хомут пильовика, 22. ущільнення поршня, 23. ущільнення силового циліндра, 24. втулка ковзання, 25. ущільнювальне кільце, 26. ущільнювальні кільця, 27. ущільнювальне кільце, 28. ущільнювальні кільця, 29. заглушка, 30. стопорне кільце, 31. нижній сальник золотника, 32. ущільнювальні кільця золотника, 33. ущільнювальні кільця датчика сервотроніка, 34. ущільнювальні кільця регулятора сервотроніка, 35. ущільнювальне кільце, 36. верхній сальник золотника, 37. ущільнювальне кільце, 38. ущільнювальні кільця, 39. фільтр сервотроніка, 40. ущільнювальні кільця, 41. ущільнювальне кільце, 42. ущільнювальні кільця трубопроводів.

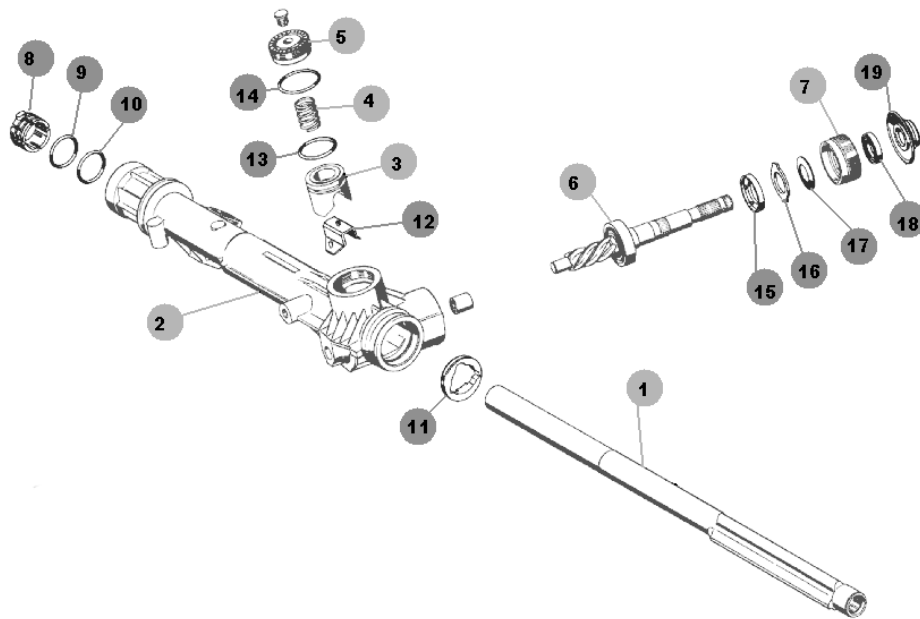


Рис. 1.11. Конструкція механічної рульової рейки 1-й вид:

1. вал рульової рейки, 2. корпус рульової рейки, 3. регулювальний притиск, 4. пружина, 5. гайка притиску, 6. первинний вал, 7. верхній підшипник, 8. права втулка, 9. ковзання, 10. ущільнення втулки ковзання, 11. ущільнення втулки ковзання, 12. ліва втулка ковзання, 13. вкладиш притиску, 14. ущільнювальне кільце притиску, 15. ущільнювальне кільце притиску, 16. верхній підшипник золотника, 17. ущільнювальне кільце, 18. ущільнювальне кільце, 19. верхній сальник золотника, 20. брудовловлювач.

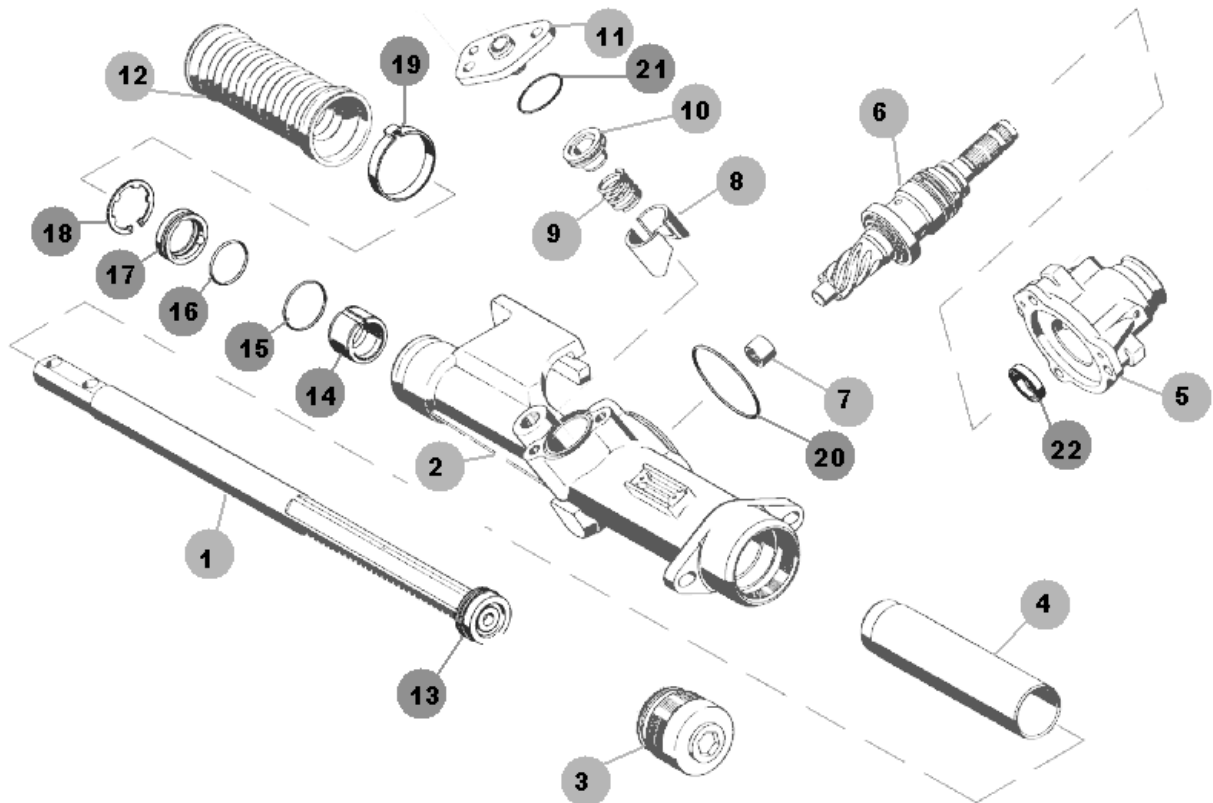


Рис. 1.12. Конструкція механічної рульової рейки 2-й вид:

1. вал рульової рейки, 2. корпус рульової рейки, 3. заглушка, 4. напрямна правої втулки ковзання, 5. корпус золотника, 6. первинний вал, 7. нижній підшипник, 8. регулювальний притиск, 9. пружина, 11. напрямна пружини, 12. фіксатор притиску, 13. пильовик рульової рейки, 14. права втулка ковзання, 15. середня втулка ковзання, 16. ущільнювальне кільце, 17. ущільнювальне кільце, 18. ліва втулка ковзання, 19. стопорне кільце, 20. хомут пильовика, 21. ущільнювальне кільце корпусу золотника, 22. ущільнювальне кільце, 23. верхній сальник золотника.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Перевірка та оцінка стану рульової системи в транспортному засобі

Під час кожного сервісного обслуговування машини звертайте увагу на умови експлуатації захисного покриття, захисних кришечок на шарнірах тяг та наскільки щільно вони встановлені.

Такі елементи потрібно замінити у випадку виявлення тріщин, пошкоджень чи інших вад, які впливають на їх водонепроникність.

Перевірте, чи рульове колесо розміщене горизонтально, коли колеса автомобіля спрямовані прямо. Якщо це не так, з'ясуйте причину цього збою та виправте її.

Під час обертання рульового колеса від одного крайнього положення до іншого, оцініть візуально та за звуковими ознаками:

міцність фіксації рульового агрегату та самого рульового колеса;

відсутність люфту в гумометалевих вузлах шарнірів, на шарнірах рульових важелів та в заклепаних та шліцьових сполученнях гнучкої муфти рульового вала;

міцне закручування та блокування болтів, які кріплять важелі до рейки, та гайок на штирях сферичних шарнірів;

брак затруднень чи перешкод, які ускладнюють обертання рульового колеса.

У разі виявлення стуків та скрипу, роз'єднайте трансверсальні тяги з кермовими ричагами телескопічних амортизаторів і проведіть повторну перевірку. Після підтвердження, що джерелом шуму є рульове керування, демонтуйте його з машини і оцініть розмір проміжку між опорою рейки і гайкою. Допустима максимальна відстань між опорою та гайкою становить 0,2 мм. У разі потреби замініть витримані частини та налаштуйте проміжок між опорою і гайкою.

## 2.2 Демонтаж та монтаж на автомобіль

Демонтаж. Розмістіть авто на елеваторі або в інспекційній ямі та проведіть такі дії:

відкрийте капот транспортного засобу і, скерувавши колеса праворуч (або ліворуч), відкрутіть гайки на шпильках сферичних шарнірів, а потім витягніть шпильки з рухомих ричагів амортизаторів;

з кабіни, відкрутіть та зніміть стяжну болт 6 фланцю з'єднувальної муфти кермового валу;

демонтуйте декоративний кожух 8 та 12 кермової колони;

від'єднайте роз'єм проводів перемикачів та вимикача запалення;

зніміть болти та гайки, які тримають кермовий вал до кронштейна кузова, та демонтуйте кронштейн 11 разом з валом 7 та кермом 9, виводячи їх у салон;

зі сторони моторного відсіку, відкрутіть гайки кріплення скоби 1, яка утримує кермовий механізм на передній частині кузова.

витягніть рульовий механізм наперед до моменту, коли шестерня опиниться поза отвором передньої частини автомобіля;

демонтуйте рульовий механізм разом з тягами, переміщаючи його у напрямку до правого колеса.

Монтаж рульової системи здійснюйте в інверсному порядку, з урахуванням наступних моментів:

перед встановленням рульового агрегату орієнтуйте спицю рульового колеса горизонтально та вирівняйте позначки А та В на пілозахисному кожусі та корпусі рульового агрегату (виріз на валу привідної шестерні має дивитись праворуч відповідно до напрямку руху транспортного засобу), а в такому положенні приєднайте вал рульового пристрою до валу привідної шестерні;

закріпіть гайки на пальцях кульових шарнірів тяг після їх затягування за допомогою динамометричного ключа. Якщо виріз у гайці не співпадає з отвором для шплінта, довертайте гайку на кут не більше 60° для забезпечення надійності шплінтування;

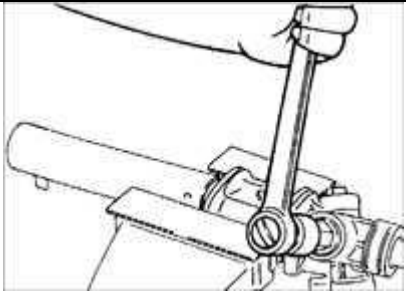
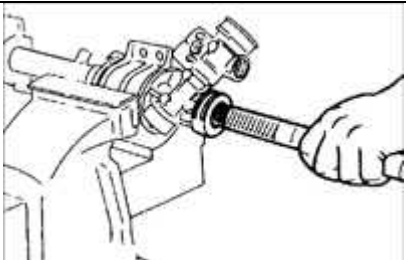
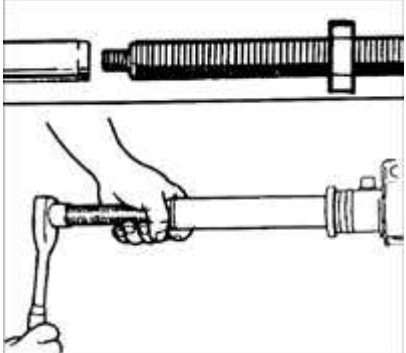
для полегшення монтажу скоб 9, які утримують рульовий агрегат, намастіть гумові опори 10 рідиною для миття.

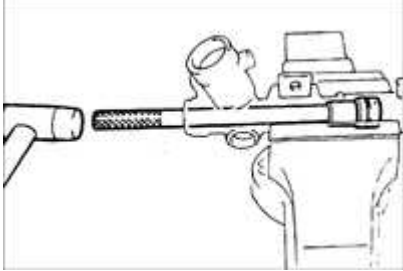

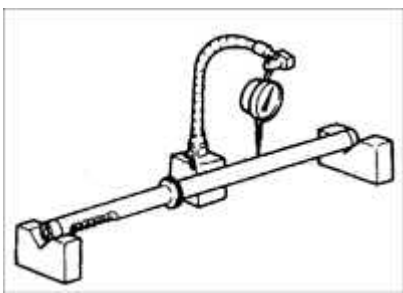
### 2.3 Демонтаж та монтаж механізму рульового керування

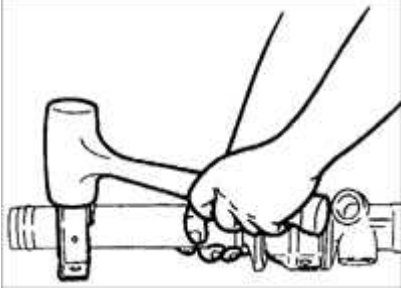
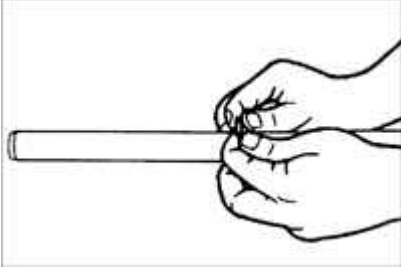
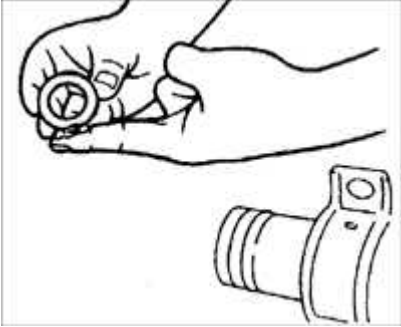
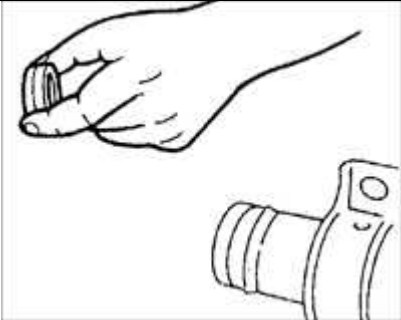
Таблиця 2.1. Схема демонтажу та монтажу механізму рульового керування.

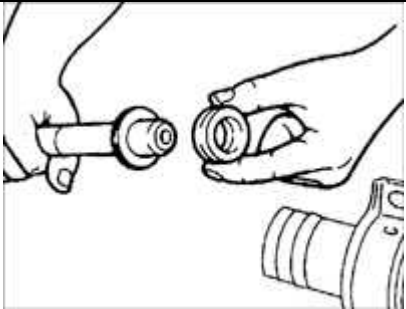
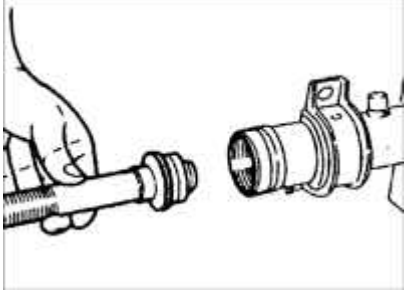
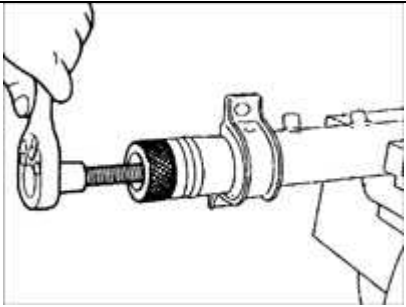
№	Операція	Ескіз
	Розбирання	
1	Розкрутіть два болти й відкрутіть гайки, після чого зніміть утримувач масляного трубопроводу, а далі від'єднайте чотири масляні трубки від механізму керування.	
2	Перед тим, як розгвинтити наконечник рульової тяги, відзначте положення рульової тяги, контр-гайки і самого наконечника.	
3	Послабте контргайку і відкрутіть наконечник від рульової тяги.	
4	Використовуючи тонку вибивку та молоток, видаліть пружинний штифт.	
5	Розгвинтіть контр-гайку, яка утримує пробку.	
6	Поверніть та вийміть пробку.	


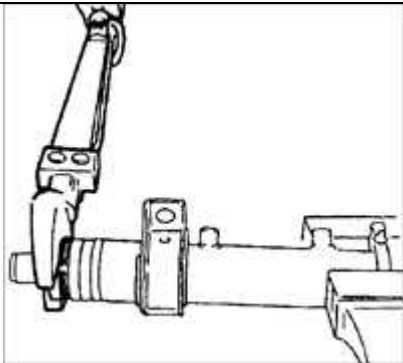
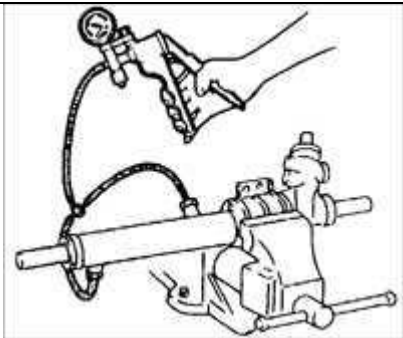


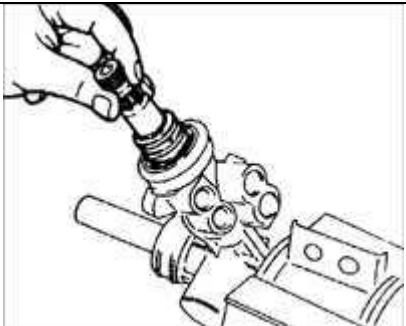
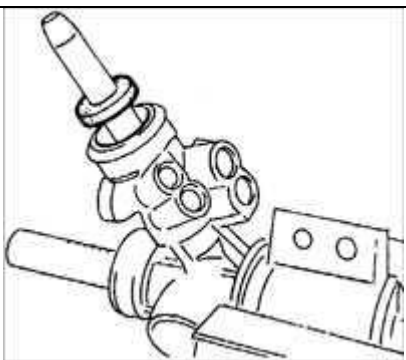
7	Демонтуйте пружину та підвісний упор.	
8	Розкрутіть контргайку.	
9	Зафіксуйте корпус рульового механізму в тисках та зніміть вал шестірні.	
10	Дістаньте втулку з рульового механізму	
11	За допомогою спеціального інструменту витягніть зубчатий механізм із корпусу з боку ведучого валу.	
12	Приєднайте специфічний інструмент до ниткової частини механізму з боку оболонки шестерні.	
13	Від'єднайте ущільнювач під час витягування зубчастої рейки.	
14	Вставте необхідний інструмент з боку ведучого валу так, щоб він зіткнувся з експансійною втулкою.	
15	Розмістіть інший спеціалізований інструмент з протилежного боку до раніше встановленого відповідного інструменту.	
16	Закріпіть корпус рульової передачі у тисках.	

17	Видавіть підшипник та ущільнювач рейки з корпусу.	
18	Спеціальним інструментом вибийте нижній підшипник з картера.	
Контроль		
1	Перевірте деталі рульової передачі на відсутність тріщин чи пошкоджень, а також на нерівномірність зносу зубів рейки. За необхідності замініть зношені деталі.	
2	Огляньте ущільнювачі на предмет нерівномірного стирання та ушкоджень. У разі виявлення зношених елементів, проведіть їх заміну.	
3	Розмістіть зубчатий механізм на V-формних опорах та скористайтесь індикатором з годинниковим механізмом для оцінки вигину рейки. У разі перевищення вигину вище припустимих норм, потрібно провести заміну рейки. Вигин: 0,15 мм.	
Складання		
1	Розмістіть гумові підкладки на корпусі механізму керування.	

2	За допомогою пластикового молотка змонтуйте кріпильні елементи.	
3	Промажте тонким шаром трансмісійного масла кругле ущільнювальне кільце та інше ущільнювальне кільце.	
4	Розмістіть кругле ущільнювальне кільце у пазі зубчастого механізму.	
5	Встановіть інше ущільнювальне кільце в паз зубчастого механізму.	
6	Вручну помістіть ущільнювальне кільце так, аби воно вступило в паз.	
7	Нанесіть тонкий шар мастила на рівну поверхню вставки обшивки.	
8	Поєднайте ущільнення механізму з змащеною поверхнею вставки обшивки.	
9	Покрийте поверхню внутрішніх та зовнішніх елементів захисного оболонки та ущільнювача рейки тонким пластом трансмісійного масла.	

10	Розмістіть захисну оболонку та ущільнювач рейки на дедалізоване обладнання.	
11	Введіть цей інструмент у втулку зубчастого валу.	
12	Закрутіть та міцно закріпіть гвинти цього приладу.	
13	Поверніть ось дедалізованого обладнання якомога далі та заштовхніть ущільнювальне кільце та захисну оболонку.	
14	Зніміть це обладнання.	
15	Застосуйте мастило на літєвій основі (NLGI №2) на третьову поверхню та зубці шестернястої рейки.	
16	З допомогою дедалізованого обладнання засуньте шестернясту рейку в корпус кермового механізму з боку приводної шестерні.	

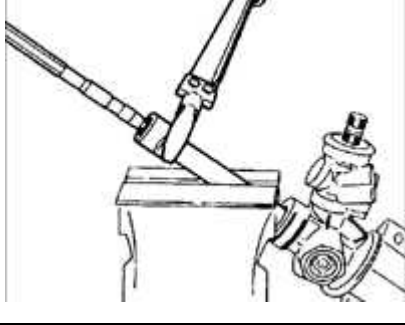
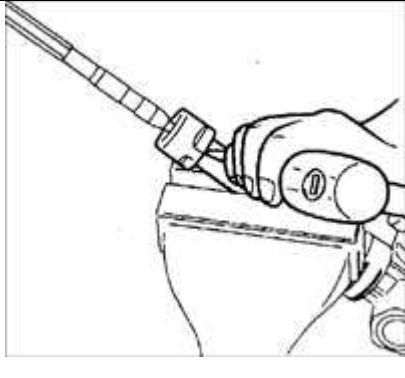
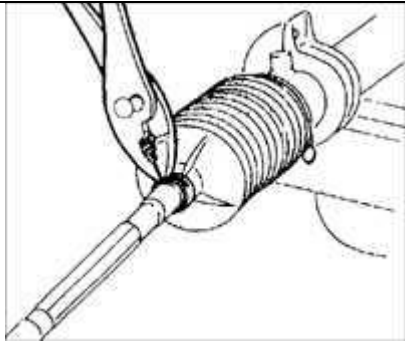
17	Зніміть це обладнання.	
18	Застосуйте ваш ущільнювач на ниткову ділянку гільзи.	
19	Монтувати гільзу у корпус рульової системи.	
20	<p>Закрутіть гільзу, при цьому сегмент ущільнення рейки має потрапити в циліндр.</p> <p>Величина обертання при затягуванні: 88–98 Н•м.</p>	
21	Поедняйте допоміжний прилад із оболонкою циліндра.	
22	Під'єднайте вакуумний помпу до допоміжного приладу.	
23	Утворіть вакуум у 400 мм ртутного стовпа.	
24	<p>Перевірте стійкість вакууму на термін не менше 30 секунд.</p> <p>У випадку невдачі, перегляньте герметичність та конструкцію.</p>	
25	Встановіть оболонку шестірні в тиску таким чином, аби нижній отвір підшипник був звернений вгору.	
26	Промажте нижній підшипник тонким шаром трансмісійного масла та	

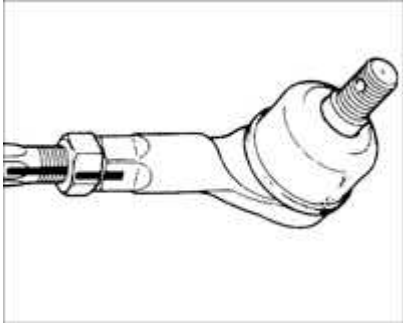
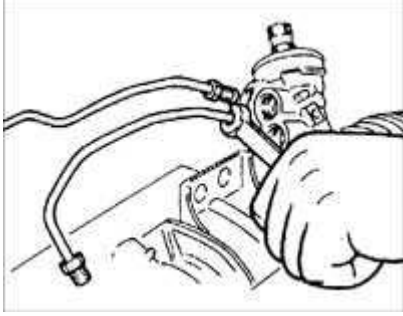
	вмонтуйте його до корпусу.	
27	Запресуйте підшипник в корпус шестерні за допомогою кришки шестерні. Міцно закрутіть заглушку до моменту відчутного збільшення обертового зусилля.	
28	Промажте літєвою мастилкою (NLGI №2) зубці шестерні.	
29	Покрийте ущільнювач та тертьову поверхню регуляторного клапана дрібним шаром трансмісійного масла.	
30	Монтувати вал шестерні в корпус.	
31	Протягніть тонке покриття трансмісійного масла на осьовий підшипник та зафіксуйте його.	
32	Промажте масляний ущільнювач та нанесіть змащувач на літєвій основі (NLGI №2) на виступ.	
33	Вмонтуйте спеціальний пристрій (втулку) на зубці валу шестерні.	
34	Рухаючи втулкою, зафіксуйте масляний ущільнювач в корпусі кермового механізму.	
35	Використовуючи втулку підходящого	

	розміру та молоток, розмістіть масляне ущільнюваче кільце таким чином, щоб була видима поглибина для установки пружинного кільця.	
36	Встановіть на час з'єднувальну деталь зі сторони трубопроводу корпусу кермового механізму.	
37	Закрутіть контр-гайку на осі шестерні до моменту зіткнення з'єднувального елемента з трубопроводом корпусу кермового механізму.	
38	Міцно затягніть контр-гайку. Сила затягування: 39–49 Н•м.	
39	Промажте різьбу кришки корпусу тонким шаром ущільнювача.	
40	Монтуйте верхню частину корпусу. Сила затягування: 44–54 Н•м.	
41	Двічі закріпіть верхню частину в корпусі.	
42	Розмістіть корпус кермового механізму у	

	тисках так, щоб верхній обмежувач був нагорі.	
43	Промастіть верхній обмежувач мастилом на основі літію (NLGI №2).	
44	Розмістіть верхній обмежувач в корпусі.	
45	Розташуйте зубчастий механізм у нейтральному положенні.	
46	Міцно закрутіть заглушку верхнього обмежувача з силою 9,8 Н•м, а потім послабте.	
47	Закрутіть заглушку верхнього обмежувача з силою $4,9 \pm 0,5$ Н•м, після чого послабте на $45^\circ$ .	
48	Промажте герметиком різьблену частину заглушки ковзаючого опору.	
49	Монтувати й міцно закрутіть контргайку. Сила затягування: 49–59 Н•м	
50	Зафіксуйте корпус кермового механізму в тиску.	



51	<p>Монтуйте рульовий привід до кермового механізму.</p> <p>Сила затягування: 108–128 Н•м</p>	
52	<p>Розмістіть нову циліндричну шпильку.</p>	
53	<p>Наповніть новий захисний кожух кермового механізму відповідною кількістю мастила.</p>	
54	<p>Промажте поверхню захисного кожуха, що приєднується до корпусу кермового механізму, дрібним шаром ущільнювача.</p>	
55	<p>Промажте зсередини мастилом поверхню захисного кожуха, призначеного для монтажу на рульовий важіль.</p>	
56	<p>Посуваючись вздовж рульового важеля, монтуйте захисний кожух кермового механізму. Утримайте велику частину кожуха за допомогою дроту, зробіть два витки навколо і скрутіть кінці дроту 4–4,5 разів.</p>	
57	<p>Фіксуйте кожух з меншої сторони за допомогою стяжки.</p>	

58	<p>Закрутіть контргайку на рульовому важелі та синхронізуйте маркування, зроблене до розкручування гайки.</p> <p>Закрутіть кінцевик рульового важеля та синхронізуйте маркування, зроблене до розкручування кінцевика.</p>	
59	<p>Міцно закрутіть контргайку кінцевика рульового важеля.</p> <p>Утримайте корпус кермового механізму в тисках так, щоб отвори для нафтопроводів були спрямовані вгору.</p>	
60	<p>Монтувати опору нафтопроводу до нафтопроводів та корпусу кермового механізму та фіксуйте двома болтами і гайками.</p> <p>Сила затягування: 39–49 Н•м.</p>	

## 2.4 Оцінка технічного стану

Очистіть внутрішні частини корпусу кермової системи та усі металічні компоненти за допомогою керосину. Вимийте гумові елементи у гарячій воді та протріть сухою тканиною. Детально перевірте, чи існують сліди зношування, затирання або подряпини на робочих площинах шестерні 5 та рейки 13. Мінімальні ушкодження виправте за допомогою наждачного паперу з дрібним зерном або велюрового пилка. Пошкоджені чи стерті компоненти замініть.

Шариковий підшипник номер 6 має обертатися легко, без будь-яких перешкод, і на кільцях та шариках не має бути ознак стирання чи блокування. Іглоподібні елементи та каркас роликового підшипника номер 4 повинні бути вільні від зношування та ушкоджень. У разі сумнівів щодо стану підшипників, відразу їх замініть. Оцініть умови захисного покриття номер 20 та кришечок.

Якщо на них є тріщини, розриви чи вони не пасують щільно до компонентів, обов'язково замініть на нові.

Огляньте шарові шарніри рульових важелів, перевіряючи осьовий та радіальний люфт. У разі наявності люфту в шаровому шарнірі, проникнення бруду, піску, виявлення корозії на шаровому болті чи при вичерпанні ходу упорної прокладки, необхідно замінити шарнір разом із наконечником важеля.

Огляньте умови резинометалічних з'єднань на кінцях тяг. Потреба заміни виникає при зношуванні чи ушкодженнях цих елементів.

Перевірте якість опорної бушинги номер 2 на рейці та її розміщення у корпусі кермової системи. Замініть бушингу, якщо вона пошкоджена.

Оцініть умову гнучкої муфти рульового валу, особливо зосередьтеся на довговічності заклепкових з'єднань, на якості шліців на нижньому фланці та на стані гумової частини муфти.

При виявленні ослаблення заклепкових з'єднань слід провести заміну заклепок, а у випадку зносу шліців – замінити нижній фланець. Тріщини чи розшарування на гумовій частині муфти неприпустимі; в таких ситуаціях слід провести заміну муфти.

Якщо зазор у заклепковому з'єднанні муфти не може бути виправлений заміною заклепок, замінити гнучку муфту разом із рульовим валом у комплекті.

Не зважаючи на стан, завжди замінюйте ущільнювачі упору рейки, маточину підшипника ведучої шестерні та еластичні обідки опорної бушинги рейки на нові. Також одноразове застосування мають затискні стрічки, блокувальна шайба 11 та блокувальна пластинка 23.

## 2.5 Розрахунок трудомісткості ремонту

Операція	Час	Коеф.	Крат.
Ось керування повністю - с/у	1,3	1	1
Захисні оболонки осі кермового контролю – с/у для верхньої та нижньої частин	0,15	1	1
Рульове колесо – с/у (у разі демонтажу перемикача сигналу)	0,3	1	1

Захисна кришка кінця рульового важеля - с/у (за одиницю)	0,3	1	1
Захисна кришка рейки кермової системи - с/у	0,05	1	1
Контактне кільце перемикача індикатора - с/у (у разі демонтажу кришки)	0,2	1	1
Обкладинка перемикача індикатора - с/у	0,05	1	1
Кермовий агрегат - ремонт	2	1	1
Кермовий агрегат повністю з рульовими важелями - с/у	2	1	1
Внутрішній накінецьник рульового важеля – с/у (при демонтованій кермовій системі, якщо важіль знятий)	0,32	1	1
Кінцевик внутрішньої частини рульового важеля – с/у (під час демонтажу кермової системи, якщо важіль від'єднано)	0,32	1	1
Кінцевик з лівого боку зовнішньої частини рульового важеля - с/у	0,67	1	1
Кінцевик лівої зовнішньої частини рульового важеля – с/у (під час демонтажу кермової системи)	0,29	1	1
Кінцевик правої зовнішньої частини рульового важеля - с/у	0,67	1	1
Кінцевик правої зовнішньої частини рульового важеля – с/у (під час демонтажу кермової системи)	0,29	1	1
Підшипники осі кермового керування – с/у набору з двох одиниць	1,5	1	1
Захисний покрив рейки кермової системи – с/у (під час демонтажу кермової системи)	0,2	1	1
Суглоб внутрішнього кінцевика – с/у (під час демонтажу лівого кінцевика)	0,1	1	1
Суглоб внутрішнього кінцевика – с/у (під час демонтажу правого кінцевика)	0,1	1	1
Всього	10,81		

## **3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Вибір матеріалів для системи керування**

Матеріали, які застосовуються у механізмі керування, орієнтовані на високу точність діяльності та зниження ваги елементів. При виборі матеріалів основними аспектами є точність та легкість, але також важливі вартість, можливості виготовлення та довговічність. Високий рівень точності в системі керування забезпечується строгими виробничими нормами та мінімізацією викривлення. Любе викривлення компонентів призводить до гнучкості при керуванні, що впливає на нечутливість системи керування.

Придбані шестерні піньйону та проміжні обмежили можливості вибору матеріалів, але зекономили час на виробництві. Незважаючи на те, що ці шестерні зроблені зі сталі, їхня ширина обличчя менша, ніж у аналогічної шестерні з алюмінію. Рейкова шестерня виготовлена з обробленої, шліфованої та полірованої сталеві стрижні 1042.

Матеріал TGP має вищу точність, ніж звичайний круглий пруток, а поліровка TGP знімає поверхневі напруги, які зазвичай є у стандартних екструдованих матеріалах. Це знижує ризик вигину рейкової шестерні під час вирізання зубців. Підвищена міцність сталі також дозволяє зменшити зайвий матеріал без втрати гнучкості керування. До того ж, використання точних матеріалів і сполучення сталевих шестерень сприяють підвищенню надійності. Використання м'якших матеріалів у парі шестерень може збільшити ризик їх зношування та зниження точності з часом.

### **3.2 Властивості матеріалу в контексті термообробки**

Ковальська обробка. Ретельно прогрійте, а потім збільште температуру до 850-1200°C для ковки. Не проводьте ковку за температури нижче 850°C. Після ковки дозвольте повільно остигнути на повітрі.

Нормалізація. Поступово підігрівайте сталь EN19T до 680-700°C. Дайте охолонути на повітрі.

**Закалка.** Цей вид сталі зазвичай надходить уже після теплової обробки. Якщо необхідно додаткове теплове вплив, нормалізовану сталь EN19 слід повільно підігріти до 860-890°C і, після достатнього прогріву на цій температурі, закалити в маслі. Проведіть відпуск як тільки матеріал охолоне до кімнатної температури.

**Відпуск.** Обережно підігрівайте до температури, вибраної на основі діаграми відпуску. Витримуйте на цій температурі 2 години на кожні 25 мм розміру деталі, потім дайте охолонути на повітрі. Відпуск у діапазоні 250-375°C не рекомендується, оскільки це може знизити ударну міцність.

**Теплова обробка.** Умови теплової обробки, включаючи швидкість підігріву, охолодження та час витримки, можуть змінюватися через такі фактори, як форма та розмір кожного сталевого елемента. Інші важливі моменти під час теплової обробки - це тип печі, середовище для закалки та способи переміщення деталей. Для отримання повної інформації про теплову обробку сталі сплаву EN19T зверніться до вашого постачальника послуг з теплової обробки.

EN19T спочатку був розроблений для використання в машинобудівній та автомобільній промисловості для виробництва шестерень, шпонок, валів, шпинделів та подібних деталей. Згодом його застосування значно розширилося, і тепер він широко використовується у таких галузях, як нафтогазова промисловість. EN19T придатний для використання в таких застосуваннях, як шестерні, болти, шпильки та різноманітні застосування, де потрібен якісний сталевий матеріал з високою міцністю на розтяг.

Характеристичний склад сталі AISI4140, відомий також як EN19 (сталь із середнім рівнем вуглецю та низьким вмістом легкосплавних компонентів), застосовується для створення структур двох фаз - фериту та мартенситу, у різних пропорціях за допомогою міжкритичного відпалу, що супроводжується термообробкою при різних температурах та швидкому охолодженні. Випробування механічних властивостей є ключовою частиною будь-яких інженерних робіт. Таке випробування проводять на матеріалах, елементах та складальних виробах. Воно включає вимірювання основних властивостей або реакції на специфічні впливи, такі як навантаження, температура тощо. До

механічних тестів матеріалу EN19 (AISI4140) належать випробування на розтяг, ударні тести та вимірювання твердості. Таблиця 1 відображає хімічний склад матеріалу.

### 3.3 Проведення розрахунків

Підтвердження геометрії було виконано за допомогою аналітичних методів. Застосовувалася концепція зворотного інжинірингу для підтвердження спроектованої геометрії.

Для підтвердження геометрії були проведені наступні розрахунки [1]:

Необхідні умови:

Кут внутрішнього закривання ( $\theta$ ) = 30°.

Відповідно до геометрії за Аккерманом, для ідеального керування визначається наступним чином:

$$\begin{aligned} \cot \Phi - \cot \theta &= b / l \\ \cot \Phi &= \cot \theta + b / l \\ \cot \Phi &= \cot (30) + 1260/2032 \end{aligned}$$

Відтак, вносячи корективи та застосовуючи дані у вказане рівняння;

$$\Phi = 23.020$$

Додатково, Радіус внутрішнього повороту,

$$(R_{if}) = l / \sin \theta = 2032 / \sin$$

$$(R_{if}) = 4064 \text{ міліметрів}$$

Радіус зовнішнього повороту,

$$(R_{of}) = l / \sin \Phi = 2032 / \sin (23.02)$$

$$(R_{of}) = 5196.2 \text{ міліметрів}$$

Таким чином, аналізуючи графічні та аналітичні результати, ми дійшли висновку, що обидва показники співпадають, таким чином, проектування системи виявилось вірним.

Визначення конфігурації зубчастого профілю. Вибрано конфігурацію зубчастого профілю інволюти 200 повної глибини за такими перевагами:

Зменшується ймовірність неповного виведення зуба. Знижується ризик зазору.

Завдяки збільшенню кута натискання, зуб набуває більшої ширини у корені, що зміцнює його та підвищує вантажопідйомність. Це також забезпечує більшу довжину контакту.

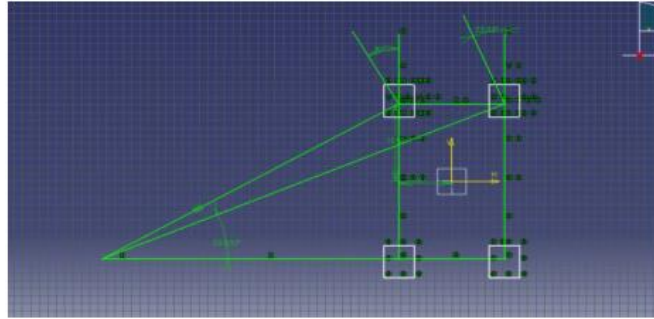


Рис. 3.1. Конструкція САТІА геометрії кута рульового управління.

Характеристики зубів у системі інволюти 200 повної глибини такі:

Мінімально необхідна кількість зубів на пінйоні:

Мінімальна кількість зубів, яка потрібна на пінйоні для уникнення зазору, була визначена за допомогою наступної формули:

$$Z_p = 2ha/m.\sin^2\Phi$$

Вводячи дані у вказане рівняння;

$$Z_p = 2ha/m.\sin^2\Phi = 2 / \sin^2\Phi$$

$$Z_p = 17.09 = 18$$

Таким чином, мінімальна кількість зубів на пінйоні становить: 18.

Додаткові характеристики профілю зубів шестерні включають:

Модуль = 2

Система інволюти з повною глибиною  $20^\circ \phi = 20^\circ$

Виступ -  $ha = 1m = 2 \text{ мм.}$

Заглиблення -  $hf = 1.25m = 2.5 \text{ мм.}$

Зазор -  $C = 0.25m = 0.5 \text{ мм.}$

Робоча глибина -  $2m = 4 \text{ мм.}$

Загальна глибина-  $2.25m = 4.5 \text{ мм.}$

Товщина зуба -  $1.5708m = 3.14 \text{ мм.}$

Коефіцієнт керування визначається як відношення кута повороту кермового колеса у градусах до кута повороту коліс у градусах.



Враховуючи максимальний кут повороту в 25 градусів і оберт кермового колеса на 180 градусів, коефіцієнт керування можна розрахувати так:

$$S.R = 180/25 = 7.2$$

Після розрахунку коефіцієнта керування слід визначити хід рейки. Вибране кермове колесо - має радіус 130 мм.

Хід кермового колеса при одному повному оберті,

$$2\pi \times r = 0.6911 \text{ м}$$

Беручи до уваги максимальний кут керування та максимальний хід рейки, які досягаються при повному обертанні кермового колеса.

Коефіцієнт керування можна представити як хід кермового колеса/хід рейки

$$7.2 = 0.6911 / \text{Хід рейки}$$

$$\text{Хід рейки} = 95.98 \text{ мм}$$

Таким чином, потрібний хід рейки приблизно 96 мм.

Рейковий механізм може бути встановлений у двох положеннях: спереду або ззаду від осьової лінії передніх коліс. У разі розташування рейки перед передньою віссю, вона може бути легко монтована на раму, що надає можливості для різних висот установки. Проте, таке розміщення ускладнює вирівнювання рейкового механізму, слідчих тяг і кермових важелів у одній прямій лінії, що є важливим для реалізації геометрії Аккермана у проектуванні системи керування. Встановлення рейки за осьовою лінією вважається кращим з точки зору геометрії та компактності. Таким чином, було вирішено розташувати рейку за передньою осьовою лінією, обравши таким чином систему заднього керування.

### **3.4 Проектування та аналіз**

Ми використовуємо механізм рейки та шестерні, оскільки це дає очевидні переваги у зменшенні складності, спрощенні конструкції та зменшенні потреб у просторі порівняно з іншими системами керування. Етапи аналізу, що входять у процес проектування систем рейки та шестерні, включають наступне:

Ми розробили повний агрегат рейки та шестерні у SOLIDWORKS 2015, повний дизайн рейки та шестерні та їх агрегація у SOLIDWORKS 2015 представлені нижче:

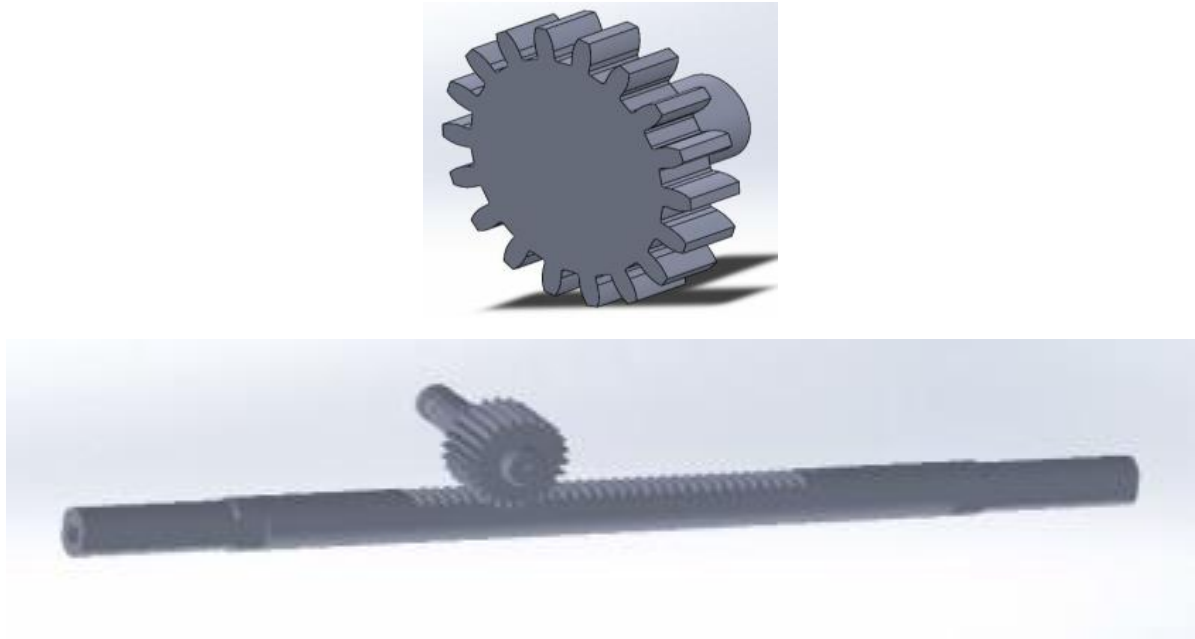


Рис. 3.2. Модель рейки та шестерні в програмі SOLIDWORKS.

Оцінка включає процес аналізу компонентів, що здійснюється за допомогою прикладення навантажень, зміни температур, тиску тощо, а також вимірювання параметрів, таких як напруження (на згин, дотичне та поперечне), деформації, коефіцієнти безпеки тощо, що необхідно для визначення надійності компонентів у реальних умовах. Такі оцінки забезпечують ідеальні результати щодо безпеки компонентів та знижують ризик збоїв.

Три головні види оцінки рейки та шестерні в Ansys 15.0 було виконано наступним чином: Всього деформації. Еквівалентне напруження. Коефіцієнт безпеки

а) Всього деформації

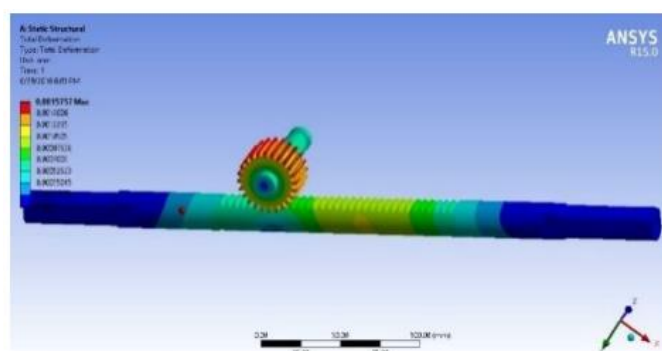


Рис. 3.3. Загальна деформація у рейці та шестерні.

б) Коефіцієнт безпеки.

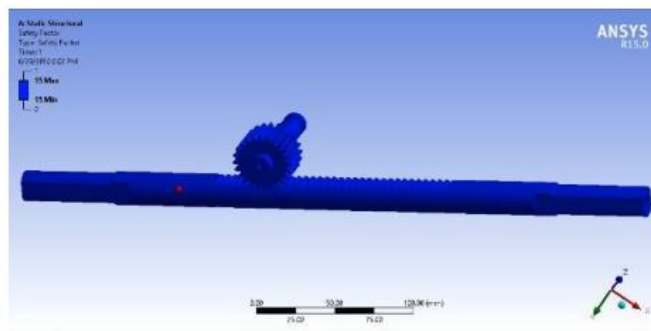


Рис. 3.4. Коефіцієнт безпеки у рейці та шестерні.

с) Еквівалентне напруження.

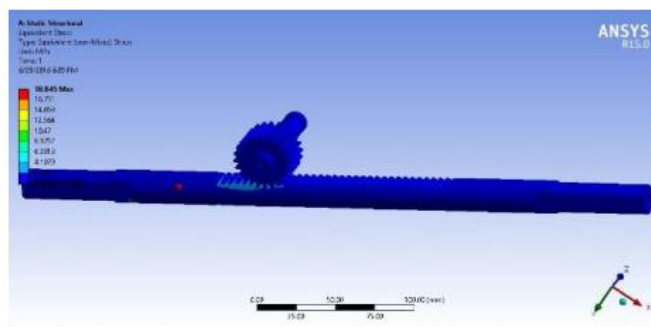


Рис. 3.5. Напруження, що виникають у рейці та шестерні.

Тип Матеріалу: Сплавна Сталь EN 19.

Таким чином, внаслідок проведеного аналізу елементів, конструкція виявилася повністю надійною.

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Аналіз мікроскопії полімерних композиційних матеріалів

Вивчення динаміки надмолекулярної структури в композитних матеріалах є ключовим для розуміння процесів формування структури в полімерних композиційних матеріалах (ПКМ). Це дає можливість контролювано модифікувати структуру ПКМ, яка знаходиться на стадії розробки, з метою досягнення ідеальних характеристик. У цьому контексті було здійснено вивчення надмолекулярної структури ПКМ за допомогою скануючої електронної мікроскопії. На ілюстрації 4.1 демонструються мікрофотографії первинного надвисокомолекулярний поліетилен (НВМПЕ) та його композитних варіантів.

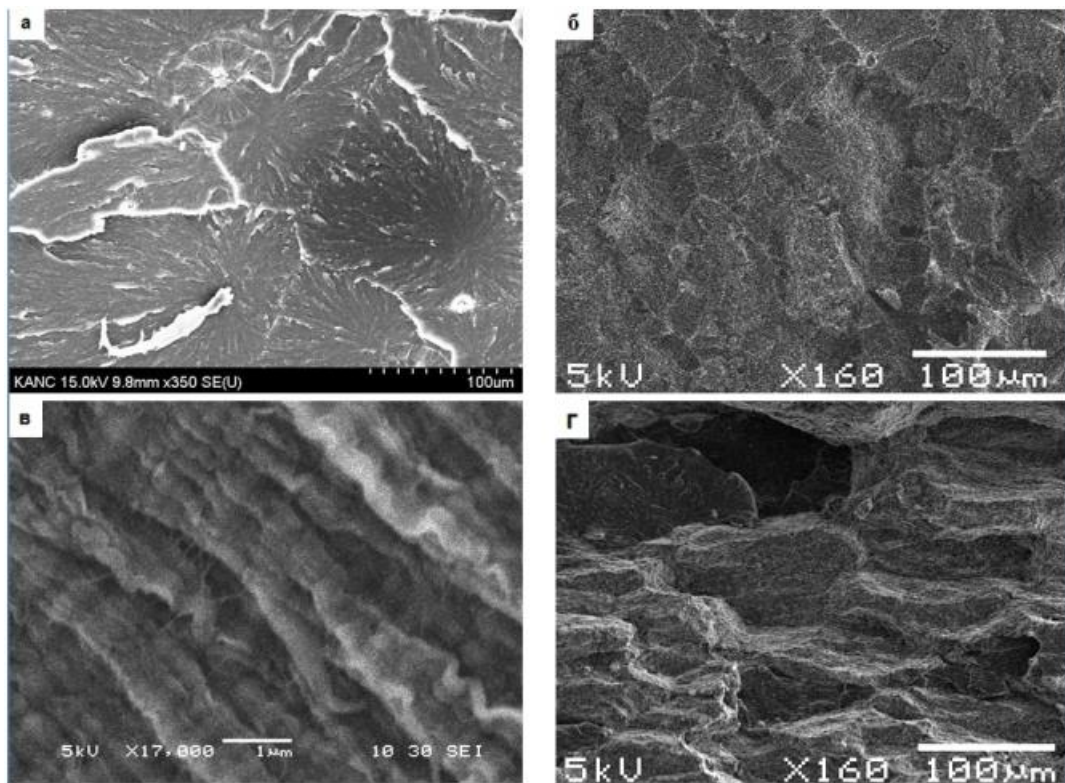


Рис. 4.1. Зображення мікроскопії надмолекулярної структури: а) первинного СВМПЕ; б) ПКМ з вмістом 2 мас.% каолініту і ЦТАБ; в) ПКМ з 2 мас.% каолініту і ЦТАБ, збільшено в 17000 разів; г) ПКМ з додаванням 2 мас.% каолініту.

Зазначено, що первинна надмолекулярна структура НВМПЕ має сферолітний вигляд. Розміри сферолітів коливаються близько 100 мкм. Композитні системи мають відмінності від первісної полімерної основи, проявляючи більш дрібнозернисті елементи у своїй надмолекулярній структурі.

Структура ПКМ, створена за допомогою процесів з використанням ПАР, має вигляд компактної, єдиної без явно окреслених кордонів між фазами, вад, отворів та вакуумів. Ці композитні матеріали вирізняються ідеальним співвідношенням властивостей, пов'язаних з триботехнікою та механічною міцністю. Такі висновки корелюють із знахідками досліджень, здійснених методом РСА.

Верогідно, що рівномірні надмолекулярні структури складені з кристалів правильної конфігурації. Аналіз надмолекулярної структури ПКМ за допомогою СЕМ виявив значні зміни в первинній структурі НВМПЕ. На зображенні 4.1, в) видно, що на кордонах між полімером та каолінітом присутні з'єднувальні «нитки» з полімерних макромолекул, можливо утворені під впливом ПАР. Відмінності у структурі композитів, створених з ПАР та без нього, помітні і включають численні структурні несправності, пори, згруповані частинки наповнювача та напрям структурних компонентів у останніх.

З метою оцінки змін у надмолекулярній структурі розроблених композитів, які базуються на біотиті, було здійснено мікроскопічне вивчення цих матеріалів. Результати цих досліджень у вигляді мікрофотографій відображені на ілюстрації 4.2.

При використанні біотиту як наповнювача також спостерігається значна перебудова надмолекулярної структури (рисунок 4.2). Також зафіксовано зменшення розмірів структурних елементів. На відміну від каолініту, біотит більше схильний до агломерації. Надмолекулярна структура складається з дрібних сферолітів і фрагментів сферолітів, які знаходяться серед неупорядкованих структурних елементів. Спостерігається велика кількість неупорядкованих структур. Можливо, що подібні структури виникли із дефектних, недосконалих кристалітів. Це припущення добре узгоджується з результатами досліджень методом РСА.

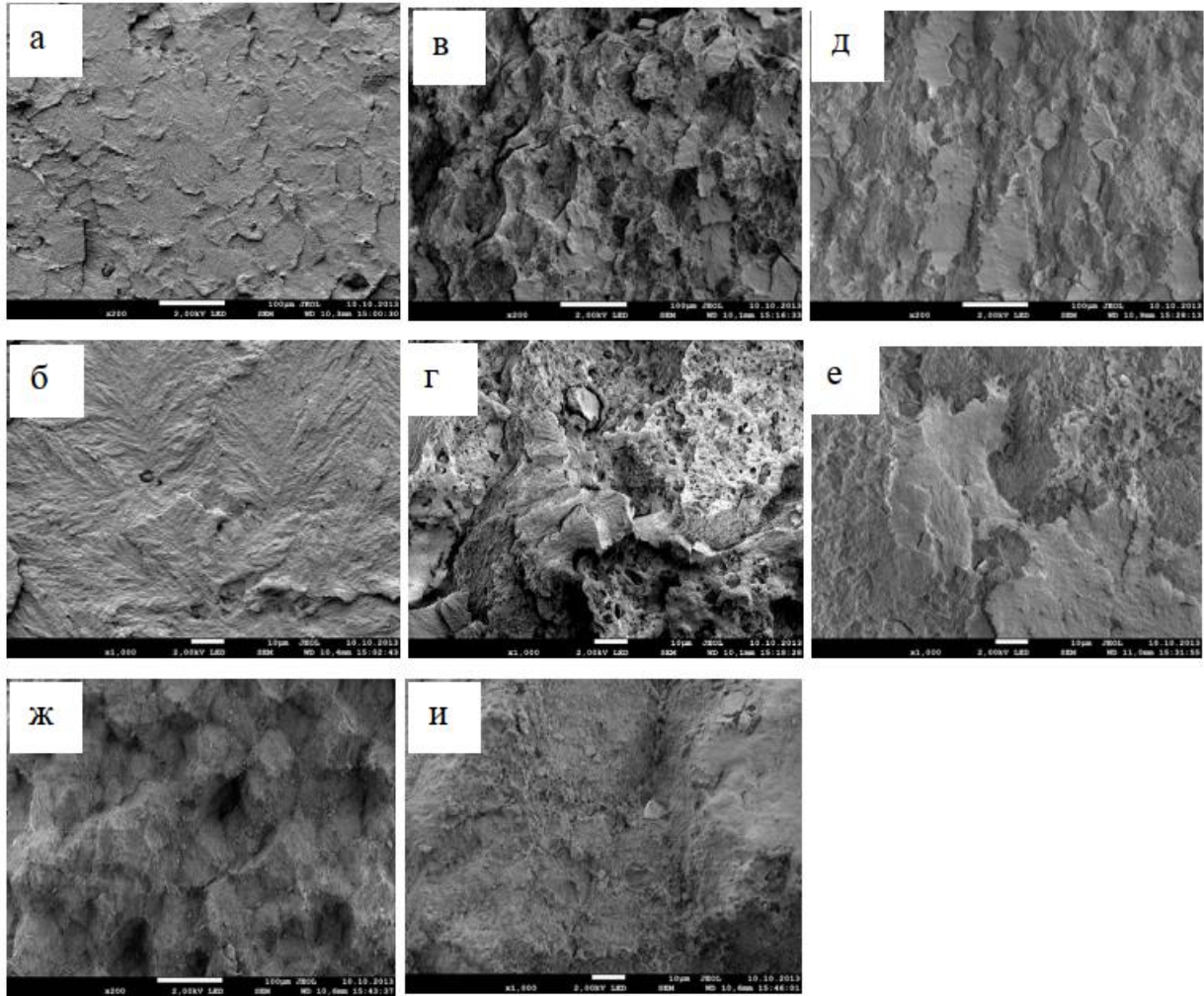


Рис. 4.2. Мікрофотографії ПКМ, створені за допомогою скануючої електронної мікроскопії при різному збільшенні: а) та б) НВМПЕ + 1% біотиту; в) та г) НВМПЕ + 1% біотиту + ЦТАБ; д) та е) НВМПЕ + 5% біотиту; ж) та з) НВМПЕ + 5% біотиту + ЦТАБ.

Аналізування розташування наповнювачів усередині ПКМ є ключовим, адже воно впливає на характеристики створених композитів. Обстеження розміщення алюмосилікатного наповнювача в середині СВМПЕ було здійснено за допомогою картування алюмінію на розламі, використовуючи метод EDS (див. ілюстрацію 4.3). Застосування ПАР сприяє більш однотайному розміщенню наповнювача в середині полімерної основи, у порівнянні з АПП. Це підкріплює тезу про роль ПАР як агента, що перешкоджає утворенню клубків. Ефект особливо помітний при використанні біотиту, що вказує на зростання міцності та підтримання високих рівнів при збільшенні кількості наповнювача. Ясно, що наповнювач розподілений усередині полімеру досить

однаково, а використання спеціальних добавок веде до ліквідації скоплень силікатів, забезпечуючи стабільність властивостей ПКМ.

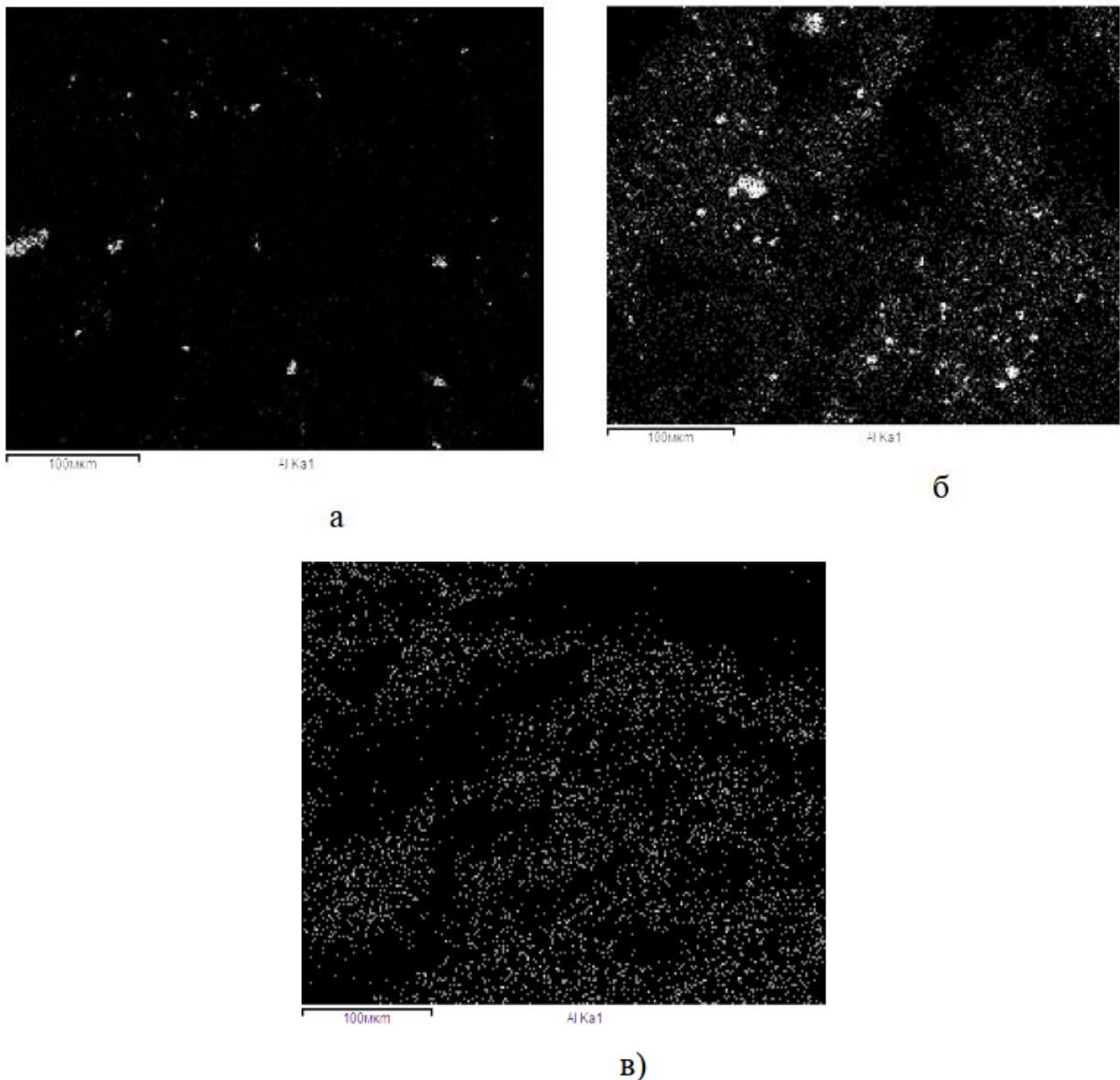


Рис. 4.3. Виявлення Al на поверхні розлому ПКМ на базі SVMPE, який включає: а) 2% каолініту та ПП; б) 2% каолініту та ЦТАБ; в) 2% біотиту та ЦТАБ.

Для підкріплення тези про утворення шаруватої структури всередині полімерної основи було виконано дослідження за допомогою методики ПЕМ. Цей метод активно застосовується для аналізу полімерних систем із наповнювачами у вигляді шаруватих силікатів. Він надає змогу визначити як розташований наповнювач всередині полімеру та зафіксувати створення нанокompозиту з ексfolійованими силікатними шарами в середині полімеру.

На ілюстрації 4.4. зображено мікрофотографію ПКМ, створеного на базі НВМПЕ з 5 мас. % каолініту, модифікованого ПАР.

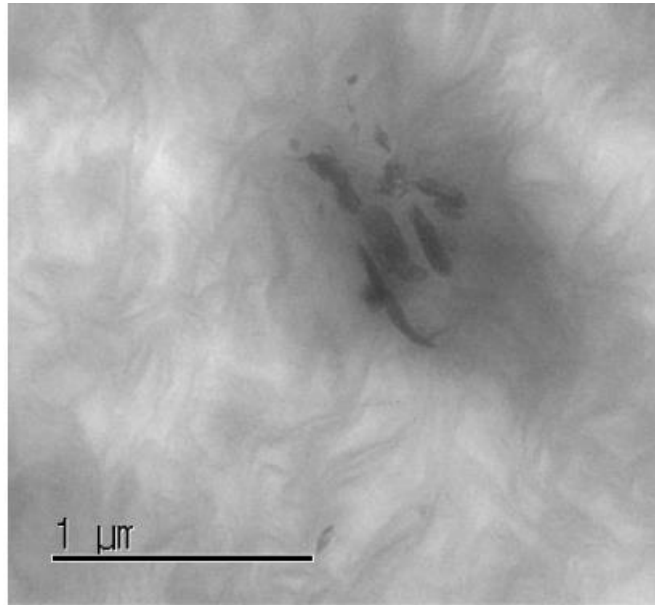


Рис. 4.4. Знімок ПКМ із вмістом 5% каолініту, виготовлений за допомогою проникаючого електронного мікроскопа.

З ілюстрації 4.4. випливає, що силікатні пласти розміщені у масі полімеру, зберігаючи незалежність один від одного. Незважаючи на присутність згрупованих часток у масі полімерної основи, індивідуальні силікатні пласти розподілені однаково по всьому об'єму ПКМ. Однакове розміщення силікатних пластів може сприяти утворенню рівномірної надмолекулярної структури, яку можна спостерігати за допомогою методу СЕМ. Отже, використанням методу ПЕМ було підтверджено створення нанокompозиту з шарами силікату, розподіленими в масі полімеру. Надмолекулярна структура ПКМ відповідає даним, отриманим методом РСА. Для вірогідності даних про створення шаруватого нанокompозиту було виконано дослідження з використанням методу АСМ. На ілюстрації 4.5. демонструються зображення, створені в режимі модуляції сили.

Були виявлені безліч подовжених зон зі збільшеною твердістю, які трактувались як пластинки наповнювача (ілюстрація 4.5). Товщина цих зон варіювалась від 4 до 8 нм. Спостерігається, що силікатні шари розділяються на дві окремі частини, при цьому загальна товщина цих новоутворених частин відповідає товщині вихідного шару (ілюстрація 4.5).



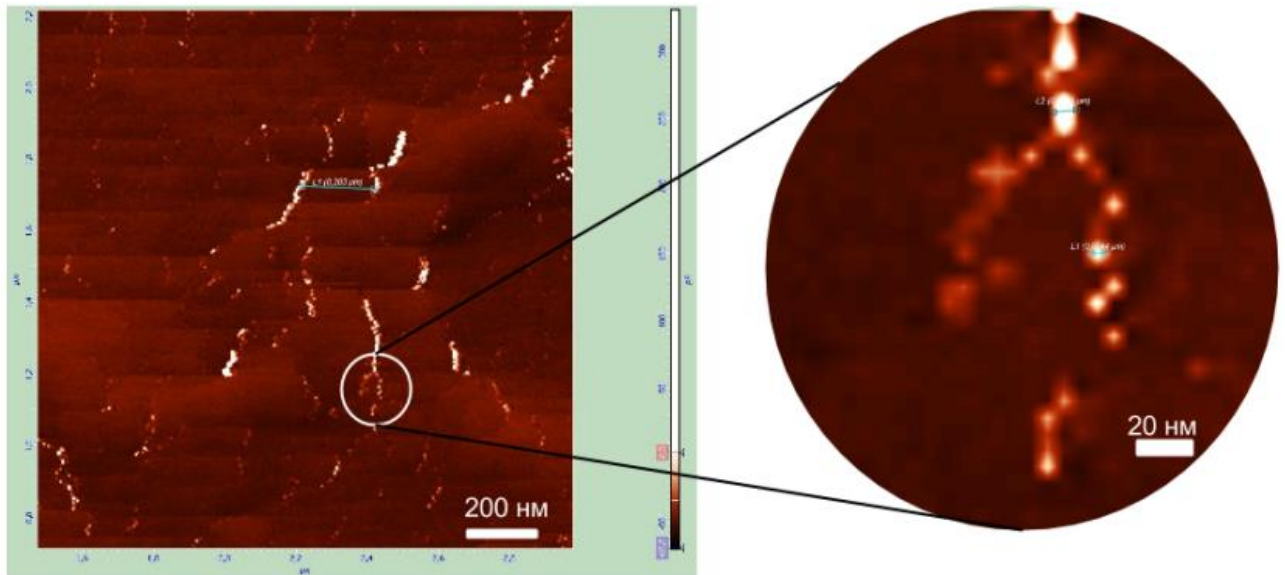


Рис. 4.5. Зображення АСМ поверхні розрізу композитного матеріалу з вмістом 2 мас.% каолініту, підданого обробці ЦТАБ.

Отже, використання методів електронної та атомно-силової мікроскопії було засвідчено створення ексfolіюваного нанокompозиту на базі СВМПЕ та модифікованих силікатів.

## 4.2 Термічні властивості ПКМ

Для з'ясування принципу збільшення стійкості до зносу та міцності СВМПЕ з додаванням силікатів та визначення енергетичного рівня межових шарів між полімером та наповнювачем, а також для посилення адгезії між компонентами при створенні композитних матеріалів, було виконано аналіз термічних характеристик, залежно від кількості наповнювача. Дані представлено у таблиці 4.1.

З додаванням каолініту до СВМПЕ відзначено пониження температури, на якій розпочинається плавлення ПКМ. Найістотніше пониження спостерігалось в ПКМ з включенням механоактивованого каолініту (згідно з рисунком 4.6). Це можливо через утворення дефектних кристалів під час кристалізації НВМПЕ з механоактивованим каолінітом, що відповідає результатам РСА. Зростання дефектності кристалічної структури веде до зниження температури плавлення  $T_{пл}$ .

Таблиця 4.1. Термічні характеристики ПКМ, базованого на НВМПЕ.

Зразок	$T_{\text{нач.пл.}}$ °C	$T_{\text{конец.пл.}}$ °C	$\Delta H$ , Дж/г	$\Delta H_{\text{вз.}}$ , Дж/г	$I_{\text{ст}}$ , %
Вихідний НВМПЕ	126,3	149,6	160,0	-	55,6
НВМПЕ + 0,5% К	124,3	149,1	149,3	10,7	51,8
НВМПЕ + 1,0% К	124,2	149,0	148,0	12,0	51,4
НВМПЕ + 2,0% К	123,8	147,6	147,9	12,1	51,4
НВМПЕ + 5,0 % К	125,3	148,2	145,0	15,0	50,3
НВМПЕ + 0,5% К+ПП	125,0	149,2	158,4	1,6	55,0
НВМПЕ + 1,0% К+ПП	125,5	148,4	158,1	1,9	54,9
НВМПЕ + 2,0% К+ПП	125,5	148,8	157,9	2,1	54,8
НВМПЕ + 5,0 % К+ПП	125,2	148,2	152,4	7,6	52,9
НВМПЕ + 0,5% К + ЦТАБ	125,0	148,0	155,0	5,0	53,8
НВМПЕ + 1,0% К + ЦТАБ	124,6	148,6	155,5	4,5	54,0
НВМПЕ + 2,0% К + ЦТАБ	125,4	148,0	155,1	4,9	53,9

$T_{\text{поч.пл}}$  – температура початку плавлення, °C;  $T_{\text{кінець.пл}}$  – температура кінця плавлення, °C;  $nH$  – теплота плавлення, Дж / г;  $nH_{\text{вз}}$  – ентальпія взаємодії між наповнювачем та полімерною матрицею,  $I_{\text{ст}}$  – ступінь кристалічності, %.

Окрім того, композити з наповнювачем демонструють ширший діапазон плавлення порівняно з первинним полімером (за даними рисунку 4.7.), оскільки додавання наповнювача впливає на динаміку кристалізації полімерної матриці. Так, ділянки поруч з наповнювачем кристалізуються з іншою швидкістю порівняно з первинним полімером. Це характерно для звичайних ПКМ на базі механоактивованого каолініту, але при модифікації ПАР каолініту з 2-5 мас.% наповнювача діапазон плавлення не розширюється.

В основній частині кристалічної структури дефекти зосереджуються на її зовнішньому шарі, що граничить з аморфною частиною. З підвищенням розмірів кристаліту зменшується його відносна поверхня та кількість дефектів. Тому крупні кристаліти тануть при вищих температурах. Різниця в розмірах

кристалітів спричиняє, серед інших чинників, розширення температурного діапазону плавлення полімеру.

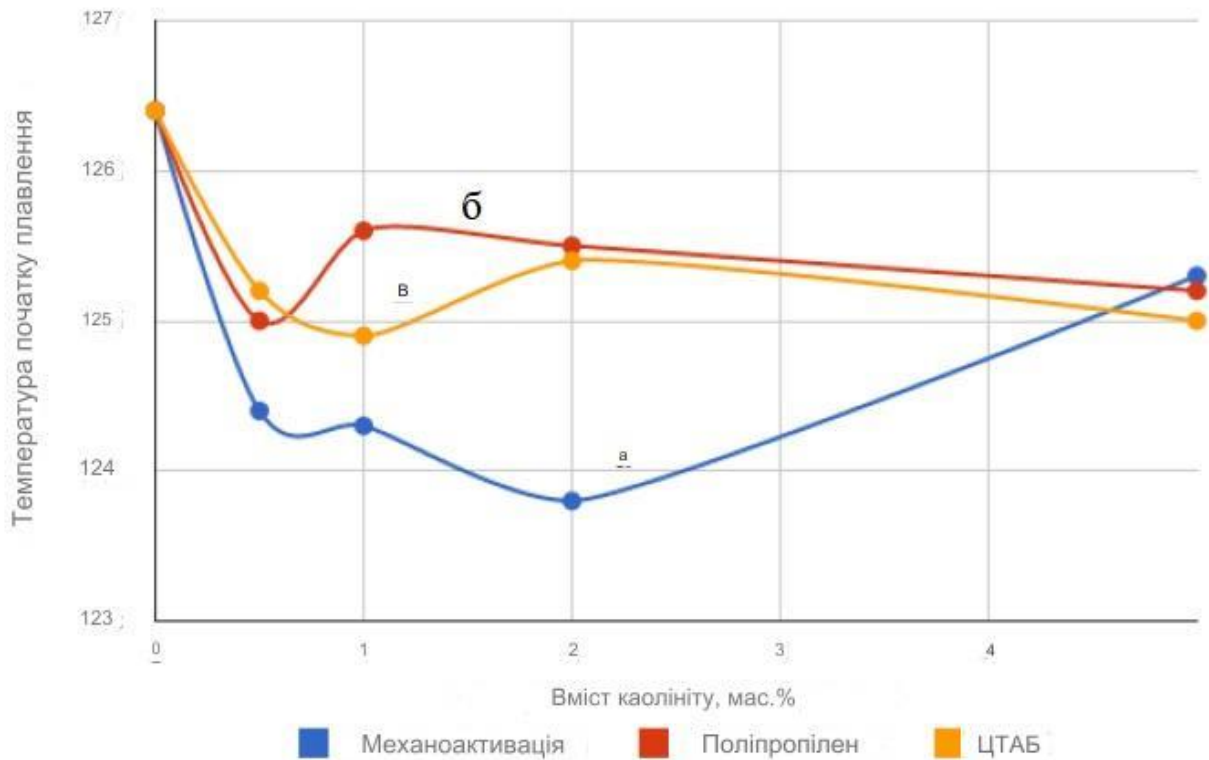


Рис. 4.6. Залежність температури, на якій розпочинається плавлення, від кількості каолініту та методу його модифікації: а – виключно механоактивація наповнювача; б – оброблення атактичним поліпропіленом; в – одночасна механоактивація наповнювача з ЦТАБ.

Враховуючи вищеописане, можна дійти висновку, що модифікація наповнювача ПАР і АПП сприяє формуванню кристалітів більших розмірів, ніж у традиційному композиті. Проте це суперечить даним РСА, які свідчать, що розміри ОКР у ПКМ, створених поєднанням НВМПЕ з модифікованим ПАР та ПП каолінітом, менші, аніж у звичайного композиту. Таке неспівпадіння може бути пояснене наявністю значної кількості дефектів у великих кристалітах НВМПЕ. Це підтверджують РСА дані про дефекти кристалічної структури, засновані на різниці в розмірах ОКР, визначених за різними методами. Структура ПКМ з механоактивованим каолінітом характеризується більшою кількістю дефектів та більшими розмірами ОКР.

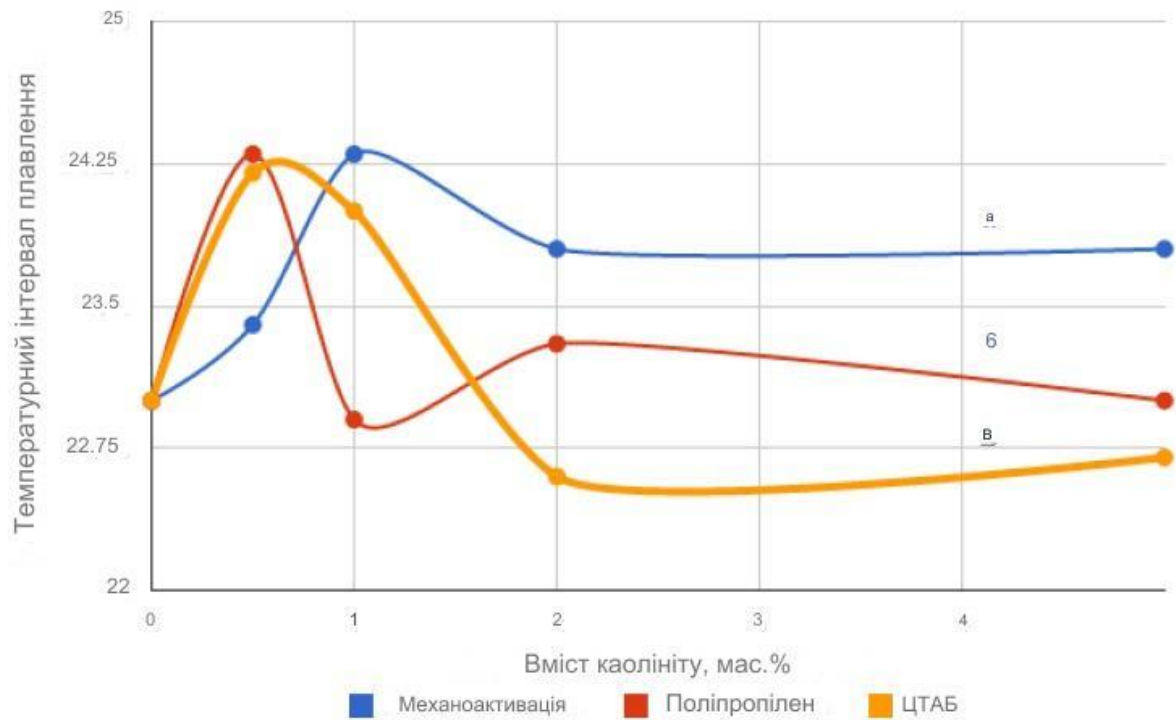


Рис. 4.7. Кореляція між діапазоном плавлення, кількістю каолініту та методом його модифікації: а – виключно механоактивація наповнювача; б – оброблення атактичним поліпропіленом; в – одночасна механоактивація наповнювача з ЦТАБ.

Невеликі розміри кристалічних елементів вказують на прискорення процесу кристалізації. Коли розглядається кристалізація первинного полімеру, вона зумовлена створенням початкового об'ємного (однорідного) ядра кристала, при цьому термодинамічна перешкода для створення таких ядер кристалізації є вищою в порівнянні з перешкодою, потрібною для створення плоского (неоднорідного) ядра, що формується на поверхні структурно-чинного компоненту. Через це процес кристалізації полімеру в умовах наявності дисперсійного наповнювача проходить швидше.

Далі, розподіл кристалів за розміром у ПКМ із застосуванням модифікованого ПАР і АПП каолініту при концентрації 2-5 мас. % має меншу розкиданість, що пояснюється меншим діапазоном температур плавлення цих ПКМ порівняно з традиційними ПКМ на базі механоактивованого каолініту (за даними рисунку 4.7). Це, можливо, зумовлено більшою організованістю надмолекулярної структури в ПКМ з модифікованим ПАР каолінітом.

Зазначається, що наявність часток із збільшеною поверхневою активністю сприяє створенню більш рівномірної структури, оскільки зростання адгезії між полімером та наповнювачем веде до зниження енергетичної перешкоди для формування зародків. Як видно з рисунку 4.8, ПКМ, що включають силікати, оброблені ПАР, відрізняються збільшеними показниками ентальпії кристалізації та плавлення, що свідчить про інтенсивніші структурні перетворення у композиті з додаванням модифікованого нанoeлементу. Тим не менш, існує певний оптимальний вміст нанокomпоненту, обробленого функціональними добавками.

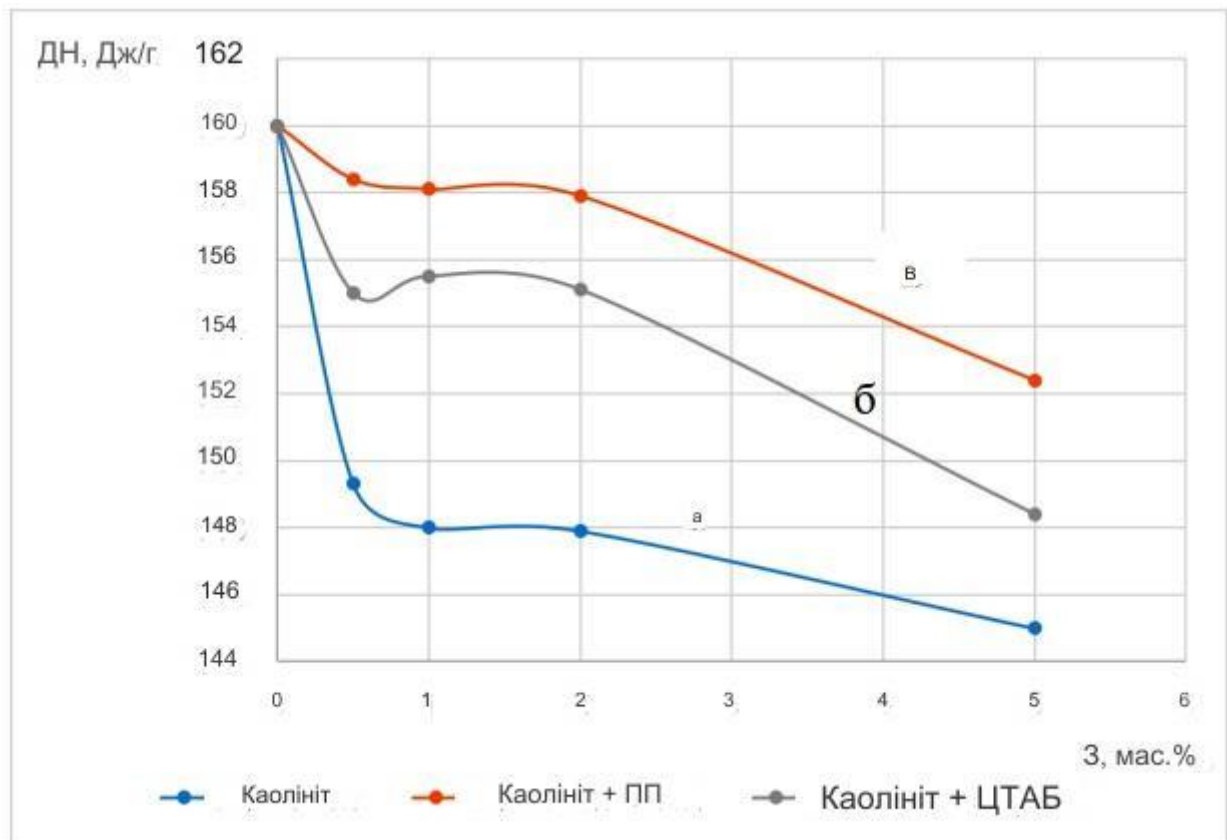


Рис. 4.8. Залежність ентальпії плавлення від вмісту каолініту та способу модифікування: а – механоактивація тільки наповнювача; б – спільна механоактивація наповнювача з ЦТАБ; в – обробка атактичним поліпропіленом.

Інтерфазна взаємодія у складній системі, що складається з полімерів та наповнювачів, може бути вивчена через аналіз кристалізаційних процесів. Це відомо, що при зростанні кількості наповнювача у композитних матеріалах

спостерігається подальше падіння ентальпії кристалізації, пов'язане зі зменшенням гнучкості полімерних макромолекул у розплавленому стані. В системах з високим вмістом наповнювачів адсорбційні взаємодії між поверхнею твердих речовин та макромолекулами полімеру в розплаві призводять до обмеження їхньої теплової гнучкості. Це, у свою чергу, викликає зміни в енергетичних і кінетичних характеристиках процесу кристалізації у переохолодженому розплаві, що зазвичай веде до уповільнення, а при екстремально високих концентраціях наповнювача - до пригнічення процесу кристалізації полімеру.

Дослідження показало, що застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) у ролі модифікуючих агентів для поверхні наповнювачів веде до відчутного пониження ентальпії при кристалізації (див. рисунок 4.9). Це дає підстави стверджувати про інтенсивні взаємодії на межі фаз між листовим силікатом та НВМПЕ, обумовлених використанням ПАР та утворенням лущеної структури.

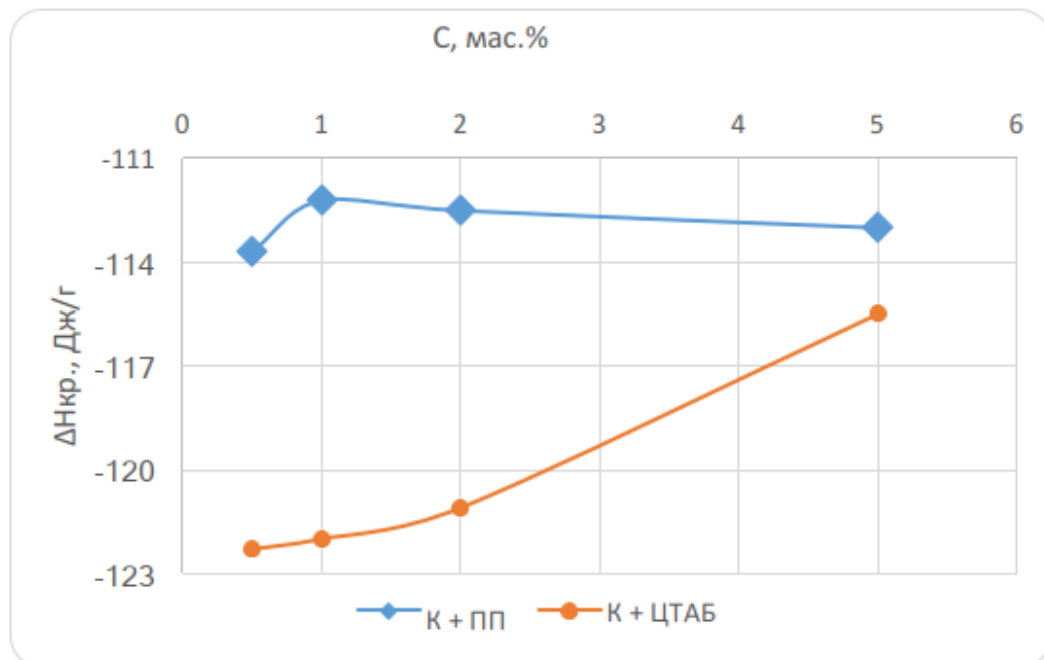


Рис. 4.9. ентальпія кристалізації залежить від кількості каолініту та методу його модифікації.

Вивчення кристалізаційних процедур у НВМПЕ, що включає біотит (згідно з рисунком 4.10), виявило, що динаміка зміни ентальпії кристалізації

має схожі тенденції з варіаціями ентальпії кристалізації у ПКМ із включенням каолініту. Найнижчі показники корелюють із збільшенням деформаційної та міцностної властивостей.

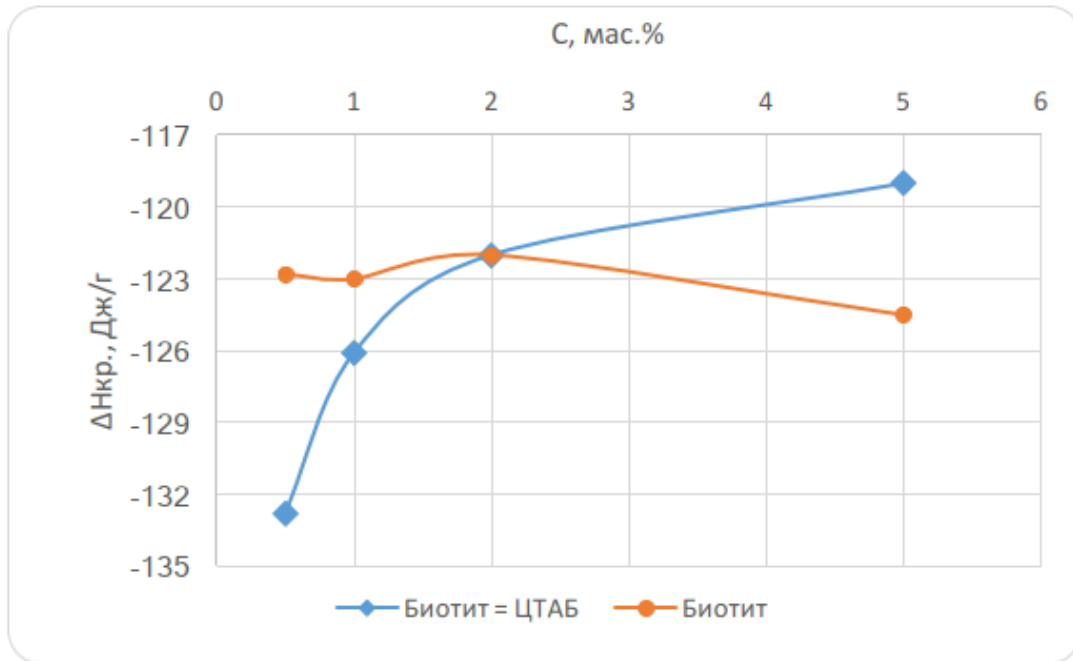


Рис. 4.10. Змінюється ентальпія кристалізації залежно від присутності каолініту та методики його змін.

Внаслідок аналізу термодинамічних властивостей ПКМ виявлено, що впровадження ПАР у шаруваті силікати сприяє створенню гетерофазних систем із збільшеною активністю між фазами порівняно з класичними мікрокомпозитами, що не зазнали поверхневої модифікації. Окрім того, було виявлено, що спосіб модифікації суттєво впливає на мікроструктуру ПКМ, включно з розсіюваністю, розміром та дефектами кристалітів.

### 4.3 Термогравіметричний аналіз з диференціацією

Дослідження ПКМ за допомогою методу диференційованого термогравіметричного аналізу було здійснено для визначення впливу наповнювача на процес термічного розкладу полімеру. Результати цього дослідження наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Результати термогравіметричного аналізу зразків.

Зразок	Max	Початок розміщення, °C	$E_a$ , кДж/моль	Втрата ваги при 375°C, %	Втрата ваги при 550, %
НВМПЕ	485,3	464,5	147,02	18,23	99,35
НВМПЕ + 0,5 вага.	483,8	462,6	152,19	12,77	94,95
% К					
НВМПЕ + 1 вага. % К	485,1	465,1	143,22	9,98	92,39
НВМПЕ + 0,5 вага. % К + АПП	483,9	462,8	156,84	13,87	96,16
НВМПЕ + 1 вага. % К + АПП	484,1	463,4	156,84	15,94	86,74
НВМПЕ + 0,5 вага. % К + ЦТАБ	484,6	462,8	154,94	17,81	84,44
НВМПЕ + 1 вага. % К + ЦТАБ	484	463,2	178,9	9,73	89,2
НВМПЕ + 0,5 вага. % Б	485,4	465,5	156,8	7,04	99,47
НВМПЕ + 1 вага. % Б	483,8	462,6	145,79	20,23	78,42
НВМПЕ + 0,5 вага. % Б + ЦТАБ	485,5	465,6	168,48	5,54	98,99
НВМПЕ + 1 вага. % Б + ЦТАБ	484,8	464	152,42	11,26	96,72

Згідно з аналітичними даними, застосування шаруватих силікатів як наповнювачів у більшості випадків зменшує зниження ваги при температурі підігріву до 375°C. Окрім цього, каолінит впливає на динаміку розкладання полімерів, що можна побачити з того факту, що в кінці процесу розкладання масові втрати є відносно маленькими для усіх типів ПКМ, за винятком НВМПЕ + 0,5 мас. % Б та НВМПЕ + 0,5 мас. % Б + ЦТАБ. Це може свідчити про те, що



під час теплового розкладу утворюються переважно продукти, які не випаровуються. Невеликі відхилення у моменті початку і піку швидкості розкладання лежать у рамках допустимої помилки цього методу, яка залежить переважно від ваги та форми випробуваного зразка.

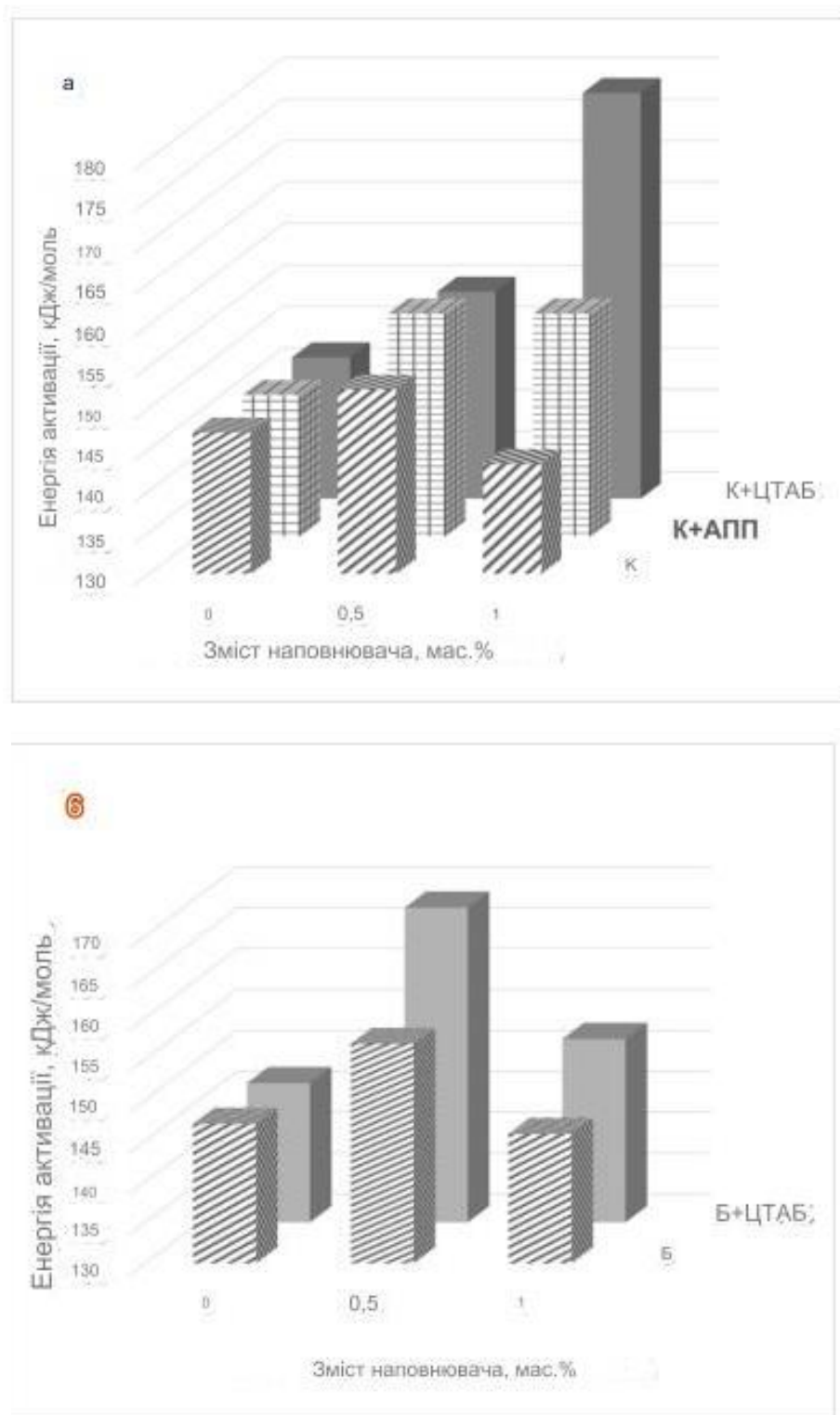


Рис. 4.11. Зображення енергії активації для ПКМ з включенням каолініту (а) та біотиту (б).

Визначена за допомогою цього методу енергія активації представляє собою ключову ознаку опору до впливу підвищених температур у натуральних та штучних полімерах, а також у полімерних продуктах. Показник енергії активації для термічного руйнування ПКМ, визначений згідно з методикою Фрімана-Керрола, перевищує аналогічний для оригінального НВМПЕ, що ілюструє вплив наповнювача на процес реакції. Найбільш високий показник енергії активації виявлений у ПКМ, створених із застосуванням ПАР, це може вказувати на утворення міцніших зв'язків на границі фаз між полімером та силікатом. Також можливе уповільнення процесів термічного розпаду. Зокрема, процес ексфоціації в структурі НВМПЕ з шарами алюмосилікату сприяє більш активному уповільненню. Відмінності у здатності біотиту та каолініту до інгібування зумовлені відмінностями в їхній природі.

Зв'язок між ефективною енергією активації та температурою, при якій спостерігається найшвидший розпад, є слабким. У публікації [177] цей феномен пояснюється присутністю різноманітних фаз у системі, що різним чином впливають на термічний розпад, залежно від їх кількості. Отже, було виявлено, що наявність шаруватих силікатів в СВМПЕ призводить до пригнічення процесів термічного розпаду, при цьому застосування ПАР посилює гальмівний ефект алюмосилікатів через ексфоціацію.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз дій працівників в небезпечних ситуаціях

Як відомо, більшість промислових підприємств мають високу ймовірність впливу на працівників небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища через наявність специфіки професії або особливих умов праці. Забезпечити повну безпеку і нульовий ризик на цих підприємствах в технічних і технологічних системах є неможливим і вони відносяться до класу максимального професійного ризику. Тому стан умов і охорони праці є гострою соціально-економічною проблемою.

Психологічно безпеку праці можна визначити як стан умов праці, при якому відсутня виробнича небезпека, тобто вплив на людину небезпечних і шкідливих факторів. З позицій психології небезпечним вважається такий фактор, вплив якого призведе до нещасного випадку або травми працівника, а шкідливим — фактор, що призводить до втоми і захворювання.

Розглядаючи нещасний випадок з точки зору теорії ймовірностей, можна зробити висновок, що він є випадковим явищем, який виникає при наявності джерела ризику та помилкової дії людини (оператора).

Найменш вивченими є психофізіологічні процеси поведінки людини в небезпечній ситуації, що, як правило, не дає можливості оцінити ймовірність суб'єктивних причин виникнення нещасних випадків, але представивши їх у вигляді логічної моделі, це можна зробити. Логічна модель виникнення нещасних випадків внаслідок помилкових дій працівників приведена на рис. 5.1.

В моделі представлені основні етапи сприйняття та усвідомлення безпеки, прийняття рішень про спосіб захисту та реалізації прийнятого рішення.

На першому етапі відбувається сприйняття безпеки. Таких робіт, де потрібне сенсорне сприйняття вище за середній рівень, небагато, і воно, найчастіше, забезпечує ефективність, а не безпеку роботи, як, наприклад, у

контролерів. Однак існують деякі роботи, де висока сенсорна чутливість служить для розпізнавання небезпечних сигналів.

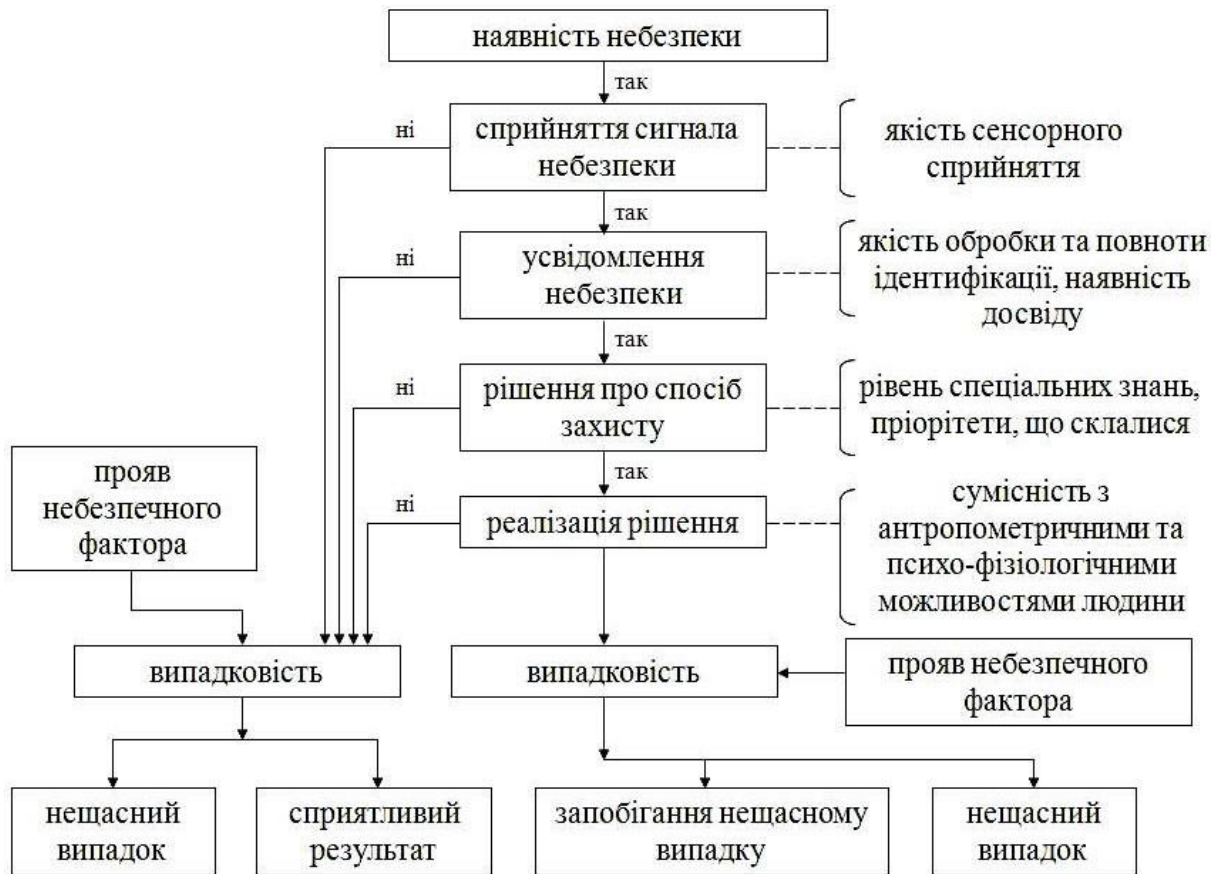


Рис. 5.1. Логічна модель виникнення нещасних випадків внаслідок помилкових дій працівників.

При вивченні цієї характеристики виявилася особливість, що властива особам, які працювали без помилок. Як відомо, всі тести для дослідження властивостей уваги оцінюють за двома характеристиках: швидкості і точності. Саме таке сполучення характерне і для багатьох видів травмонебезпечних робіт. Наприклад, водіям, які працюють без дорожньо-транспортних подій, властиві однаково виражені установки як на швидкість, так і на точність виконуваного тесту, тоді як в альтернативній групі водіїв з наявністю дорожньотранспортних випадків переважала одна краща установка - або на швидкість, але з помилками, або на точність, але за рахунок зниження швидкісних характеристик.

Наступним етапом розвитку небезпечної ситуації є усвідомлення небезпеки, яка пов'язана з обробкою отриманої інформації. На її обробку

впливає безліч факторів, наприклад кількість і тип джерел інформації, вид сенсорного сприйняття, минулий досвід та інші, серед яких відіграють важливу роль процеси мислення і рівень інтелектуальних можливостей.

Усвідомивши небезпеку, людина вирішує, як на неї реагувати. Цей процес найбільш складний, оскільки на нього впливає безліч факторів: індивідуальні думки, пристрасті, схильності і установки, погляди, що викликані керівниками, прийняті в даній організаційній структурі норми поведження тощо. Ці фактори неможливо прогнозувати, однак існує ряд дуже важливих з погляду безпеки праці характеристик, які піддаються прогнозуванню і можуть застосовуватися при професійному відборі працівників на травмонебезпечні роботи. Це рівень ризику і типологічні властивості особистості. Відношення до ризику впливає на поведження в дуже сильному ступені, однак це відношення залежить від характеру професійної діяльності у відношенні частки ризику, що утримується в цій діяльності. Там, де робота взагалі не вимагає “ризикованого” поведження, працівники віддають перевагу середньому і нижче ніж середній рівням ризику, наприклад, електромонтери. Якщо ж ризик є обов'язковим елементом діяльності, наприклад, як у водіїв, відношення до ризику носить інший характер. Встановлено, що водії високого професійного рівня (відсутність дорожньо-транспортних випадків) відрізнялися більш високим рівнем ризику, ніж менш надійно працюючі водії.

З проведеного аналізу можна виділити основні причини виникнення нещасних випадків на кожному етапі прийняття рішень працівниками.

На етапі сприйняття причинами нещасних випадків можуть бути відсутність або недостатній рівень сигналів про небезпеку, помилки сприйняття сигналів тощо. На етапі усвідомлення небезпеки - недостатній досвід працівника та складність ідентифікації небезпек, особливо якщо вона проводиться по ряду непрямих ознак. На наступному етапі можливе прийняття запізнілих та помилкових рішень. Успішність реалізації прийнятого рішення визначається достатністю часу для виконання необхідних мір, відповідністю можливостей працівника, його точністю та швидкодією вимог, що вимагає ситуація. Але навіть повне виконання цих вимог не виключає можливості виникнення нещасних випадків.

Очевидно, що в нових технічних процесах, де немає достатньої інформації про потенційно небезпечні фактори та їх рівні, де не визначені необхідні параметри контролю, ймовірність помилкових дій людини по своєму захисту набагато вища, ніж у відомих процесів.

## **5.2 Основні принципи та способи захисту населення і території. Інженерний захист робітників та службовців об'єкту**

Забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникнення НС є одним з найважливіших завдань держави і здійснюється відповідно до розділу IV Кодексу цивільного захисту України.

Комплекс підготовчих захисних заходів є однаковим як для мирного, так і воєнного часу, оскільки враховує поєднання впливу уражаючих факторів НС і можливого застосування агресором сучасних засобів ураження [21].

Захист населення і територій від НС здійснюються на відповідних принципах, що забезпечують максимально ефективно вирішення проблеми. Ними є:

гарантування та забезпечення державою конституційних прав громадян на захист життя, здоров'я та власності;

пріоритетність завдань, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я громадян;

максимально можливе, економічно обґрунтоване зменшення ризику виникнення НС;

комплексний підхід до вирішення завдань ЦЗ;

гласність, прозорість, вільне отримання та поширення публічної інформації про стан ЦЗ, крім обмежень, встановлених законом;

відповідальність посадових осіб органів державної влади та органів місцевого самоврядування за дотриманням вимог законодавства з питань ЦЗ;

добровільність – у разі залучення громадян до здійснення заходів ЦЗ, пов'язаних з ризиком для їхнього життя і здоров'я;

виправданий ризик та відповідальність керівників сил ЦЗ за забезпечення безпеки під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт;

централізація управління, єдиноначальності, підпорядкованості, статутної дисципліни Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, аварійно-рятувальних служб.

Основними способами захисту населення від дії уражаючих факторів, що створюються в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, є укриття населення в захисних спорудах цивільного захисту (ЗС ЦЗ), проведення евакуаційних заходів, радіаційний і хімічний захист, медичний захист, біологічний захист, психологічний захист, інженерний захист територій.

Суть способу полягає у своєчасному укритті людей в спеціальних інженерних спорудах, які здатні захистити від дії уражаючих факторів або послабити їх дію.

Для вирішення питань щодо укриття населення в ЗС ЦЗ органами виконавчої влади всіх рівнів та суб'єктами господарювання створюється фонд таких споруд.

До фонду ЗС ЦЗ належать:

сховища – герметичні споруди для захисту людей, в яких протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок НС, воєнних (бойових) дій та терористичних актів;

протирадіаційні укриття – негерметичні споруди для захисту людей, в яких створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;

швидкоспоруджувані ЗС ЦЗ – захисні споруди, що зводяться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період;

для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок НС у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення та найпростіші укриття (приспособовані приміщення);

споруди подвійного призначення – це наземні або підземні споруди, що можуть бути використані за основним функціональним призначенням і для захисту населення;

найпростіші укриття – це фортифікаційні споруди, цокольні або підвальні приміщення, що знижують комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків НС, а також від дії засобів ураження в особливий період. Проектування, будівництво, пристосування і розміщення ЗС ЦЗ та об'єктів подвійного призначення здійснюються згідно з нормами, які розробляються відповідно до Закону України «Про будівельні норми».

Будівництво ЗС ЦЗ і їх утримання потребує багато часу і коштів. Тому ведеться накопичення фонду ЗС ЦЗ. Шляхи накопичення:

Будівництво сховищ одночасно з будівництвом нових підприємств, розрахованих на укриття робітників найбільшої працюючої зміни;

будівництво окремих сховищ та протирадіаційних укриттів;

використання метрополітену підземного пролягання;

обладнання сховищ в підземних та інших заглиблених приміщеннях існуючих будівель і споруд;

пристосування і використання частини приміщень освоєного підземного простору міст для захисту населення;

використання гірничих виробок і природних порожнин;

- масове будівництво найпростіших сховищ і укриттів в період загрози виникнення надзвичайних ситуацій за скорочені терміни (3-6 діб).

Наявний фонд захисних споруд в повсякденних умовах життєдіяльності використовується для господарських, культурних і побутових потреб у порядку, який забезпечує використання їх за прямим призначенням в установленій короткий термін.

Як спосіб захисту, полягає в завчасному (до початку виникнення НС, в період загрози) вивезенні (виведенні) населення із місць можливого ураження, зони катастрофічного затоплення, забруднення (зараження) в безпечні райони на тимчасове або постійне проживання.

В умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також на випадок війни евакуація є основним способом захисту населення і проведення її планується і готується заздалегідь. Залежно від обстановки, яка склалася на час НС, може бути загальна або часткова евакуація.



Загальна евакуація проводиться для всіх категорій населення і планується на випадок війни, можливого небезпечного радіоактивного забруднення територій навколо атомних електростанцій, виникнення загрози катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним добіганням проривної хвилі, лісових і торф'яних пожежах, інших явищ з тяжким наслідками, що загрожують населеним пунктам.

Під час проведення часткової евакуації завчасно вивозиться не зайняте у сфері виробництва та обслуговування населення: діти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків разом з викладачами та вихователями, студенти, пенсіонери та інваліди, які утримуються у будинку для осіб похилого віку разом з обслуговуючим персоналом та членами їх сімей.

Проведення евакуації забезпечується шляхом:

утворення регіональних, місцевих та об'єктових органів з евакуації;

планування евакуації;

визначення безпечних районів, придатних для розміщення евакуйованого населення та майна;

організації оповіщення керівників суб'єктів господарювання і населення про початок евакуації;

організації управління евакуацією;

життєзабезпечення евакуйованого населення в місцях їх безпечного розміщення;

навчання населення діям під час проведення евакуації.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цій магістерській роботі було розроблено та проаналізовано комплексний технологічний процес ремонту та реставрації механізмів рульового керування з рейкою. Особлива увага приділялася впровадженню інноваційних полімерних матеріалів, що підвищують ефективність і тривалість експлуатації механізмів після ремонту.

Аналіз показав, що використання новітніх полімерів значно покращує характеристики рульових механізмів, зокрема їх зносостійкість та надійність. Проведені тести та експерименти підтвердили підвищення довговічності та ефективності ремонттованих механізмів.

Розроблений технологічний процес включає діагностику, відновлення або заміну зношених частин, використання поліпшених полімерних матеріалів для захисту та ущільнення, а також фінальне тестування для забезпечення відповідності всім стандартам безпеки та якості.

На основі проведених досліджень і експериментальної роботи можна зробити висновок про високу ефективність запропонованої методики ремонту та використання інноваційних полімерних матеріалів у відновленні рульових механізмів. Цей підхід не тільки забезпечує подовження терміну служби рульових систем, але й сприяє підвищенню їх надійності та безпеки в експлуатації.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
2. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
3. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
4. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
5. 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.
6. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
7. Гевко І.Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.
8. 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.
9. 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.

10. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.

11. 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.

12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.

13. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.

14. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

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

16. 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>.

17. 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.

18. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навчальний посібник / Ю. А. Гасило, О. А. Крюковська. К. О. Левчук, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2017. — 369 с.

19. Безпека в надзвичайних ситуаціях : навч. посібник для студентів ЗВО України : у 2 ч. Ч. 1: Надзвичайні ситуації / М. Л. Лисиченко, В. В. Вамболь, С. О. Вамболь, М. М. Кірієнко, І. А. Черепньов, В. М. Власовець ; за ред. М. Л. Лисиченка ; ХНТУСГ. – Харків : ТОВ “ПромАрт”, 2021. – 202 с.

20. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник / Пістун І. П., Хом’як Й. В., Хом’як В. В. - 2-ге вид., стер. - Суми : Університетська книга, 2015. - 374 с.

21. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.