ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інституту інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра галузевого машинобудування та механотроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

Бакалавр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему

МАШИНА ДЛЯ ЯМКОВОГО РЕМОНТУ З СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ РЕМОНТНОЇ СУМІШІ

Виконав: студент IV курсу, групи 401ММ
напряму підготовки (спеціальності)
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
Харченко Денис Володимирович
(прізвище та ініціали)
Керівник Скляренко Т.О.
(прізвище та ініціали)
Рецензент Матяш О.В.
(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

МАШИНА ДЛЯ ЯМКОВОГО РЕМОНТУ З СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ РЕМОНТНОЇ СУМІШІ

Кваліфікаційна робота бакалавра

Лист затвердження

ГММ.401ММ.014-00.00.000 КРБ - ЛУ

Розробив здобувач групи 401-ММ
_____ Денис ХАРЧЕНКО
«22» 06 2026 р.

Керівник
к.т.н., доц.
_____ Тарас СКЛЯРЕНКО
«22» 06 2026 р.

Консультант із технологічної частини
к.т.н., доц.
_____ Іван РОГОЗІН
«22» 06 2026 р

Технологічний контроль
к.т.н., доц.
_____ Олексій ВАСИЛЬЄВ
«22» 06 2026 р.

Нормативний контроль
к.т.н., доц.
_____ Олексій ВАСИЛЬЄВ
«22» 06 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
к.т.н., доц.
_____ Олексій ВАСИЛЬЄВ
«22» 06 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
галузевого машинобудування та мехатроніки,
к.т.н, доц. Олександр ОРИСЕНКО

№ рядок.	Форм.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
1					
2			*Документація загальна*		
3			*Впершe розроблена*		
4					
5	*А4*	*ГММ.401ММ.014-00.00.000ТЗ*	*Технічне завдання*	*1*	
6	*А4*	*ГММ.401ММ.014-00.00.000А*	*Анотація*	*2*	
7	*А1*	*ГММ.401ММ.014-00.00.000ВЗ*	*Машина дорожня ремонтна*	*1*	
8	*А4*	*ГММ.401ММ.014-00.00.000ПЗ*	*Пояснювальна записка*		
9					
10			*Документація по*		
11			*складальних одиницях*		
12			*Впершe розроблена*		
13					
14	*А1*	*ГММ.401ММ.014-04.00.000СК*	*Установка маніпулятора*		
15			*Складальне креслення*	*1*	
16	*А4*	*ГММ.401ММ.014-05.00.000*	*Установка маніпулятора*	*1*	
17	*А3*	*ГММ.401ММ.014-06.00.000СК*	*Конвеєр шнековий*	*1*	
18			*Складальне креслення*		
19	*А4*	*ГММ.401ММ.014-06.00.000*	*Конвеєр шнековий*	*1*	
20					
21			*Документація по*		
22			*кресленнях деталей*		
23			*Впершe розроблена*		
24					
25	*А3*	*ГММ.401ММ.014-04.00.007*	*Вісь*	*1*	
26	*А3*	*ГММ.401ММ.014-04.00.008*	*Палець*	*1*	
27	*А3*	*ГММ.401ММ.014-04.00.009*	*Кришка*	*1*	
28		*ГММ.401ММ.014-06.00.028*	*Кришка*		
29					
30					

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ГММ.401ММ.014-00.00.000ВБ		
Розроб.		Харченко		22.06	Машина для ямкового ремонту з системою подачі ремонтної суміші *Відомість бакалаврської роботи*	Літ.	Лист 1 / Листів 1
Перев.		Скляренко		22.06		Н	
Н.контр.		Васильєв		22.06		Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» 2026	
Затв.		Орисенко		22.06			

№рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кіл.	№екз.	Прим.
28						
29			Документація			
30			Вперше розроблена			
31						
32	A1	ГММ.401ММ.014-00.00.000ТП	Технологічний процес			
33			виготовлення вісі	1		
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія галузевого машинобудування та мехатроніки

Рівень вищої освіти Бакалавр

Напрям підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, к.т.н., доцент
_____ **Олександр ОРИСЕНКО**
«03» 03 **2026 року**

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Харченко Денис Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: **«Вібраційна машина для ущільнення бетонної суміші при формуванні залізобетонних кілець»**
керівник роботи (проекту) Скляренко Т.О., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «03» 03 2026 року № 273-ОД.
2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи: «19» червня 2026 року.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: – Тип машини: машина для ямкового ремонту дорожнього покриття з системою подачі ремонтної суміші.– Призначення машини: локальне відновлення асфальтобетонного покриття шляхом очищення пошкодженої ділянки, подачі ремонтної суміші та заповнення вибоїн. – Об'єкт ремонту: вибоїни, тріщини та локальні пошкодження асфальтобетонного дорожнього покриття.– Робочий матеріал: асфальтобетонна ремонтна суміш або холодна ремонтна суміш на основі мінерального матеріалу та бітумного в'яжучого.– Система подачі ремонтної суміші: механізована, із застосуванням шнекового конвеєра.– Основні вузли машини: бункер для ремонтної суміші, шнековий конвеєр, привід робочого органа, система керування подачею матеріалу, рама та допоміжне обладнання.– Спосіб виконання ремонту: механізоване дозоване подавання ремонтної суміші в зону пошкодження дорожнього покриття.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Зміст. Вступ. 1. Огляд обладнання . 2. Розрахунок обладнання 3. Технологічна частина 4. Безпека життєдіяльності
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Вигляд загальний (1 лист А1). 2. Складальне креслення (2 лист А1). 4.Деталювання (1 лист А1). 4. Технологічний процес виготовлення вісі (1 лист А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
3 Технологічна частина	к.т.н., доц. _____ Іван РОГОЗІН	26.05.26	22.06.26

7. Дата видачі завдання «___» _____ 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Огляд конструкцій	05.05.2026 р.	
2	Конструкторські проробки	12.05.2026 р.	
3	Розрахунки крана	19.05.2026 р.	
4	Виконання креслень складальних одиниць та деталей, специфікацій	26.05.2026 р.	
5	Технологічний процес виготовлення валу	02.06.2026 р.	
6	Компонування пояснювальної записки	09.06.2026 р.	
7	Здача готового проекту	19.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ **Денис ХАРЧЕНКО**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Тарас СКЛЯРЕНКО**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми _____ **Олексій ВАСИЛЬЄВ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Машина для ямкового ремонту з системою подачі ремонтної суміші».

Бакалаврська робота на здобуття освітньо–кваліфікаційного рівня бакалавра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» – Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена розробленню машини для ямкового ремонту дорожнього покриття з системою подачі ремонтної суміші. У роботі розглянуто призначення, умови роботи та особливості застосування дорожньо-ремонтних машин для локального відновлення асфальтобетонних покриттів. Проведено аналіз причин виникнення пошкоджень дорожнього покриття, існуючих технологій ямкового ремонту та конструкцій обладнання для подачі ремонтних матеріалів.

У конструкторській частині обґрунтовано вибір схеми машини, виконано розрахунок основних параметрів приводу, шнекового конвеєра та системи подачі ремонтної суміші. У технологічній частині розроблено технологічний процес виготовлення деталі типу «палець» із застосуванням сучасних стандартів ДСТУ та ISO. Також розглянуто питання безпеки життєдіяльності, охорони праці, пожежної та екологічної безпеки під час експлуатації машини.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих конструктивних рішень для підвищення продуктивності ямкового ремонту, зменшення частки ручної праці, покращення якості заповнення вибоїн та раціонального використання ремонтної суміші.

Ключові слова: ямковий ремонт, дорожнє покриття, ремонтна суміш, шнековий конвеєр, дорожньо-ремонтна машина, система подачі, технологічний процес.

					ГММ.401ММ.014-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб.		Харченко		22.06	Анотація	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Скляренко		22.06		Н		
Керівн.						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Н. контр.		Васильєв		22.06				
Затв.		Орисенко		22.06				

Annotation

Bachelor's qualification thesis on the topic: "Machine for Pothole Repair with a Repair Mixture Supply System."

Bachelor's thesis for obtaining the educational qualification level of Bachelor in specialty 133 "Industrial Mechanical Engineering" – National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, 2026.

The qualification thesis is devoted to the development of a machine for pothole repair of road pavement with a repair mixture supply system. The work considers the purpose, operating conditions and specific features of using road repair machines for local restoration of asphalt concrete pavements. The causes of road pavement damage, existing pothole repair technologies and designs of equipment for supplying repair materials are analyzed.

In the design section, the choice of the machine layout is substantiated, and the main parameters of the drive, screw conveyor and repair mixture supply system are calculated. In the technological section, the manufacturing process for a "pin"-type part is developed using modern DSTU and ISO standards. The issues of life safety, occupational safety, fire safety and environmental safety during machine operation are also considered.

The practical significance of the work lies in the possibility of using the proposed design solutions to increase the productivity of pothole repair, reduce the amount of manual labor, improve the quality of pothole filling and ensure the rational use of the repair mixture.

Keywords: pothole repair, road pavement, repair mixture, screw conveyor, road repair machine, supply system, technological process.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

МАШИНА ДЛЯ ЯМКОВОГО РЕМОНТУ З СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ РЕМОНТНОЇ СУМІШІ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

ГММ.401ММ.014-00.00.000 ПЗ

Зміст

Вступ 3

1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ 6

1.1 Основні вимоги до транспортно-експлуатаційного стану дорожнього одягу 6

1.2 Вибір технологічного методу дорожньо-ремонтних робіт 9

1.3 Огляд і аналіз дорожньо-ремонтних машин 11

1.4 Обґрунтування необхідності вдосконалення системи подачі ремонтної суміші 18

2. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ 21

2.1 Кінематичний розрахунок приводу виконавчих механізмів 21

2.2 Розрахунок гвинтового конвеєру 23

2.3 Розрахунок продуктивності компресора 29

2.4 Розрахунок потужності приводу шнекового конвеєра 32

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 38

3.1 Призначення та аналіз роботи деталі у вузлі 38

3.2 Аналіз технологічності конструкції пальця 38

3.3 Вибір матеріалу, заготовки та сучасних стандартів 39

3.4 Призначення припусків на механічну обробку 41

3.5 Вибір обладнання, інструменту та пристосувань 42

3.6 Удосконалений маршрут технологічного процесу виготовлення пальця . 44

3.7 Визначення режимів різання 46

					ГММ.401ММ.014-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб.		Харченко		22.06	Зміст	Літ.	Лист 1 / Листів
Перев.		Скляренко		22.06			
Н. контр.		Васильєв		22.06		Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»	
Затв.		Орисенко		22.06			

3.8 Нормування основного часу 47
3.9 Контроль якості виготовлення деталі 48
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ 50
. 4.1 Загальні положення 50
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів 51
4.3 Організація безпечного виконання дорожньо-ремонтних робіт 51
4.4 Вимоги безпеки до конструкції машини 52
4.5 Пожежна безпека 53
4.6 Екологічна безпека 54
Висновки 56
Список літератури 58

Вступ

Автомобільні дороги є важливою складовою транспортної інфраструктури держави, оскільки забезпечують вантажні та пасажирські перевезення, зв'язок між населеними пунктами, промисловими підприємствами, аграрними районами та об'єктами соціального призначення. Від технічного стану дорожнього покриття значною мірою залежать безпека дорожнього руху, швидкість перевезень, витрати пального, знос транспортних засобів та загальна ефективність функціонування транспортної системи.

Дорожнє будівництво належить до масштабних і матеріаломістких видів робіт, виконання яких потребує значних капіталовкладень, спеціалізованих дорожніх організацій та використання високопродуктивної техніки. Однак у процесі експлуатації автомобільних доріг дорожнє покриття постійно зазнає впливу транспортних навантажень, атмосферних опадів, перепадів температури, замерзання та відтавання вологи, а також інших природно-кліматичних і експлуатаційних чинників. Унаслідок цього на поверхні покриття з часом утворюються тріщини, просідання, вибоїни, руйнування кромок та інші дефекти.

Одним із найбільш поширених пошкоджень асфальтобетонного покриття є вибоїни, які негативно впливають на рівність дороги, знижують комфорт і безпеку руху, а також прискорюють подальше руйнування дорожнього одягу. Після виявлення таких пошкоджень необхідно своєчасно встановлювати попереджувальні дорожні знаки, обмежувати швидкість руху транспортних засобів та виконувати ремонтні роботи для відновлення експлуатаційного стану проїзної частини.

На відміну від нового будівництва доріг, ремонтні роботи зазвичай мають локальний характер і потребують менших обсягів фінансування. Саме тому вони не завжди є економічно привабливими для великих підрядних організацій, які орієнтовані на виконання масштабних будівельних проєктів. Водночас дорожньо-ремонтні роботи є важливим напрямом діяльності для малих і середніх підприємств, які можуть ефективно застосовувати мобільну техніку малого та середнього класу для швидкого усунення локальних дефектів дорожнього покриття.

Найбільш доступним і поширеним способом локального відновлення асфальтобетонних покриттів є ямковий ремонт. Його перевага полягає у можливості швидкого усунення окремих дефектів без повного перекриття ділянки дороги та без виконання великих обсягів підготовчих робіт. Ефективність такого ремонту значною мірою залежить від правильного вибору технології, якості ремонтної суміші, підготовки пошкодженої ділянки та рівномірності подачі матеріалу в зону ремонту.

Розвиток машин для ремонту дорожніх покриттів активно розпочався у другій половині XX століття. Починаючи з перших промислових зразків, такі машини постійно вдосконалювалися за конструкцією, продуктивністю, мобільністю та рівнем механізації технологічного процесу. Сучасні дорожньо-ремонтні машини повинні мати невеликі габаритні розміри, високу маневреність, достатню продуктивність, простоту обслуговування та здатність забезпечувати якісне виконання ремонтних операцій у різних умовах експлуатації.

Особливе значення при виконанні ямкового ремонту має система подачі ремонтної суміші. Від її конструкції залежить рівномірність надходження матеріалу, точність дозування, зменшення втрат суміші, зручність роботи оператора та загальна продуктивність машини. Недосконала система подачі

може призводити до нерівномірного заповнення вибоїни, перевитрати матеріалу, зниження якості ущільнення та скорочення строку служби відремонтованої ділянки.

У сучасних умовах перед конструкторами дорожньо-ремонтних машин постає завдання створення ефективних, надійних і економічно доцільних машин, які здатні забезпечити виконання заданого технологічного процесу з високими техніко-економічними показниками. При цьому необхідно враховувати умови експлуатації машини, властивості ремонтної суміші, продуктивність обладнання, особливості завантаження та подачі матеріалу, а також вимоги до безпеки праці та зручності технічного обслуговування.

1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ

1.1 Основні вимоги до транспортно-експлуатаційного стану дорожнього одягу

Автомобільні дороги є складною інженерною спорудою, працездатність якої визначається станом дорожнього одягу, рівністю та зчіпними властивостями покриття, несучою здатністю основи, водовідведенням і відповідністю експлуатаційних показників фактичним транспортним навантаженням. Для доріг з удосконаленим типом покриття найбільш поширеними залишаються асфальтобетонні покриття, що пояснюється їх технологічністю, ремонтопридатністю, достатньою рівністю та можливістю швидкого відновлення окремих ділянок [1, 10, 12].

Асфальтобетонні покриття мають значні переваги порівняно з цементобетонними покриттями при виконанні локальних ремонтних робіт, оскільки допускають застосування різних способів відновлення: гарячими асфальтобетонними сумішами, холодними сумішами, литими матеріалами, бітумними емульсіями, струменево-ін'єкційним методом та іншими технологіями [11, 14, 17]. Водночас їх експлуатаційна довговічність значною мірою залежить від температурно-вологісних умов, інтенсивності руху, якості вихідних матеріалів і дотримання технології укладання.

У процесі експлуатації дорожнє покриття зазнає дії вертикальних і горизонтальних навантажень від коліс транспортних засобів, циклічних коливань температури, атмосферної вологи, сонячного випромінювання, протиожеледних матеріалів та інших чинників. Поступове старіння бітуму, проникнення води у пори й тріщини, заморожування та відтавання вологи призводять до зниження міцності, втрати монолітності та появи локальних пошкоджень [10, 11].

Найбільш характерними дефектами асфальтобетонних покриттів є тріщини, вибоїни, просідання, напливи, викришування, колійність, руйнування кромок і відшарування верхнього шару. Особливо небезпечними є вибоїни, оскільки вони швидко збільшуються під дією руху транспорту та води, погіршують плавність руху, збільшують динамічні навантаження на транспортні засоби й можуть бути причиною аварійних ситуацій [10, 12].

Поява тріщин часто є початковою стадією розвитку більш складних руйнувань. Через тріщини вода проникає в нижні шари дорожнього одягу, порушує роботу основи, знижує зчеплення між шарами та створює умови для подальшого руйнування покриття. У періоди знижених температур вода, що потрапила у пошкоджені ділянки, замерзає, збільшується в об'ємі та прискорює утворення вибоїн. Тому своєчасне виявлення й усунення локальних дефектів є одним із головних завдань експлуатаційного утримання автомобільних доріг [11, 14].

Вимоги до експлуатаційного стану доріг передбачають, що проїзна частина не повинна мати пошкоджень, які ускладнюють рух транспортних засобів із дозволеною швидкістю. Після виявлення вибоїн, просідань або інших небезпечних дефектів мають бути встановлені відповідні попереджувальні дорожні знаки, а на період виконання ремонтних робіт — введені обмеження швидкості руху. Організація таких робіт повинна забезпечувати безпеку учасників руху та працівників дорожньої служби [11, 14].

Для оцінювання стану покриття використовують допустимі значення площі пошкоджень і строки їх ліквідації залежно від категорії дороги. Ці показники дають змогу планувати ремонтні роботи, визначати потребу в матеріалах, машинах і трудових ресурсах, а також обґрунтовувати доцільність застосування мобільних машин для ямкового ремонту [14]. Узагальнені граничні значення наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Гранично допустимі пошкодження площі покриття і терміни їх ліквідації для автомобільних доріг [14]

Категорія дороги	**Пошкодження (ямковість) на 100000 м² покриття, м², не більше**	**Термін ліквідації пошкоджень, діб, не більше**
I	0,3 (1,5)	1 (5)
II	0,5 (3,0)	1 (5)
III	1,0 (5,0)	3 (7)
IV–V	3,0 (7,0)	5 (10)

Примітка. У дужках наведені значення руйнувань для весняного та осіннього періодів.

Наведені нормативні обмеження підтверджують, що ямковість повинна ліквідовуватися у стислі строки. Це потребує застосування таких машин, які можуть швидко переміщуватися між об'єктами, оперативно виконувати підготовку пошкодженої ділянки, подавати ремонтну суміш у необхідній кількості та забезпечувати належне ущільнення матеріалу. В умовах міських вулиць і доріг місцевого значення особливо важливими є малі габарити, маневреність і можливість виконання ремонту без тривалого перекриття руху [2, 9].

Отже, транспортно-експлуатаційний стан дорожнього покриття безпосередньо впливає на вибір технології ремонту та конструкцію дорожньо-ремонтної машини. Для локального усунення вибоїн найбільш доцільно використовувати спеціалізовані мобільні машини, оснащені бункером для ремонтного матеріалу, системою подачі суміші, обладнанням для підготовки пошкодженої ділянки та засобами контролю технологічного процесу [1, 2, 19].

1.2 Вибір технологічного методу дорожньо-ремонтних робіт

Ремонт і утримання автомобільних доріг спрямовані на забезпечення безперервного та безпечного руху транспортних засобів із нормативними швидкостями й допустимими навантаженнями. Комплекс ремонтних заходів повинен враховувати категорію дороги, характер пошкоджень, інтенсивність руху, сезон виконання робіт, наявність матеріалів і технічне оснащення дорожньої організації [10, 11, 13].

До основних видів ремонтних робіт належать поточний дрібний ремонт, поточний середній ремонт, капітальний ремонт і реконструкція. У межах поточного ремонту значну частку займає ліквідація вибоїн, тріщин і локальних руйнувань покриття. Такий ремонт має обмежену площу, але потребує високої оперативності, оскільки навіть невеликі дефекти за короткий час можуть перетворитися на значні руйнування дорожнього одягу [11, 14].

Ямковий ремонт є найбільш доступним і поширеним методом локального відновлення асфальтобетонних покриттів. Його сутність полягає у підготовці пошкодженої ділянки, очищенні вибоїни, обробленні її стінок в'яжучим матеріалом, заповненні ремонтною сумішшю та ущільненні. Залежно від технології можуть застосовуватися гарячі асфальтобетонні суміші, холодні органо-мінеральні суміші, литі матеріали, щебінь із бітумною емульсією або струменево-ін'єкційні суміші [15, 17, 18].

Традиційна технологія ремонту гарячою асфальтобетонною сумішшю забезпечує високу міцність і довговічність відремонтованої ділянки за умови дотримання температурного режиму та якісного ущільнення. Її перевагами є наявність розвиненої мережі асфальтобетонних заводів, доступність основних матеріалів і відпрацьована технологія виконання робіт. До недоліків належать залежність від температури суміші, необхідність швидкого транспортування матеріалу та складність виконання робіт у холодний або вологий період [1, 17].

Холодні суміші та емульсійно-мінеральні матеріали дають змогу виконувати ремонт у ширшому діапазоні погодних умов, зменшують потребу у

великих енергетичних витратах і можуть застосовуватися для оперативного усунення аварійних пошкоджень. Особливо перспективною є технологія пневмонабризкування, за якої щебінь і бітумна емульсія подаються у зону ремонту потоком повітря, змішуються безпосередньо в робочому органі та укладаються у вибоїну [18, 19].

Порівняно з ручним способом, механізований ямковий ремонт має низку переваг: зменшення частки ручної праці, підвищення продуктивності, точніше дозування матеріалу, рівномірніше заповнення вибоїни, скорочення тривалості перебування бригади на проїзній частині та підвищення безпеки робіт. Тому створення машини для ямкового ремонту з ефективною системою подачі ремонтної суміші є технічно обґрунтованим напрямом удосконалення дорожньо-ремонтної техніки [1, 2, 19].

Технологічний процес ямкового ремонту за допомогою спеціалізованої машини доцільно подати у вигляді послідовності операцій: огородження місця робіт; очищення пошкодженої ділянки від пилу, води та слабких частинок; підготовка кромок вибоїни; нанесення в'яжучого матеріалу; подача ремонтної суміші; розрівнювання; ущільнення; контроль якості та відкриття руху [14, 17].

Ключовою операцією для машини, що розробляється, є подача ремонтної суміші. Вона повинна забезпечувати стабільне надходження матеріалу з бункера до зони укладання, можливість регулювання продуктивності, рівномірність дозування та мінімальні втрати суміші. Для цього можуть застосовуватися шнекові, стрічкові, лопатеві, гравітаційні або пневматичні системи подачі. Вибір конкретної схеми залежить від властивостей суміші, необхідної продуктивності, компонування машини та умов виконання робіт [1, 3, 6].

З огляду на локальний характер ремонту, найбільш доцільною є мобільна машина малого або середнього класу, яка може працювати на міських вулицях, дорогах місцевого значення, майданчиках, під'їзних шляхах і територіях підприємств. Така машина має поєднувати функції транспортування матеріалу,

його дозованої подачі, укладання та часткової механізації допоміжних операцій [2, 19].

Основні технологічні вимоги до машини для ямкового ремонту можна сформулювати так:

– забезпечення оперативного переміщення між ділянками ремонту та швидкого приведення обладнання в робочий стан;

– можливість транспортування достатнього запасу ремонтної суміші без її розшарування та втрати технологічних властивостей;

– рівномірна й керована подача матеріалу в зону ремонту;

– зменшення ручної праці при укладанні та розподіленні суміші;

– можливість роботи в умовах обмеженого простору та неповного перекриття руху;

– простота технічного обслуговування, надійність і безпечність експлуатації.

Таким чином, для теми даної роботи найбільш раціональним є розгляд машини для механізованого ямкового ремонту, оснащеної бункером для ремонтної суміші та системою її дозованої подачі. Саме ця система визначає продуктивність, якість заповнення вибоїни та ефективність використання ремонтного матеріалу.

1.3 Огляд і аналіз дорожньо-ремонтних машин

Дорожньо-ремонтні машини є окремою групою будівельних і дорожніх машин, призначених для відновлення експлуатаційного стану покриттів, усунення локальних дефектів, ремонту швів, тріщин, вибоїн, а також для виконання допоміжних операцій при утриманні доріг. Їх конструкція формується відповідно до технології ремонту, виду матеріалу та умов роботи [1, 2, 3].

Ранні технології ямкового ремонту значною мірою базувалися на ручній праці. Для розкриття пошкодженої ділянки використовували ломи, відбійні молотки та ручний інструмент, а для ущільнення — ручні котки або

малогабаритні ущільнювачі. Такий спосіб є малопродуктивним і не завжди забезпечує необхідну якість, оскільки ударне руйнування покриття може спричиняти появу мікротріщин, а ручне ущільнення не гарантує досягнення потрібної щільності матеріалу [2, 4].

Подальший розвиток дорожньо-ремонтної техніки був пов'язаний із переходом від окремих ручних операцій до комплексної механізації. У конструкції ремонтних машин почали включати бункери-термоси для асфальтобетонної суміші, ємності для бітуму або емульсії, компресори, генератори, інфрачервоні розігрівачі, пневматичний та електричний інструмент, обладнання для нанесення в'яжучого та ущільнювальні засоби [1, 2].

Прикладом машини для механізації робіт при ямковому ремонті є дорожній ремонтер ДЭ-21 М-03, змонтований на автомобільному шасі. Машина оснащувалася котлом для приготування або підігріву асфальтобетонної суміші, системою перемішування, регулювання та контролю температури, а також пристроями для випуску матеріалу. Така компоновка забезпечувала автономність виконання робіт і можливість транспортування гарячої суміші до місця ремонту [1, 2].

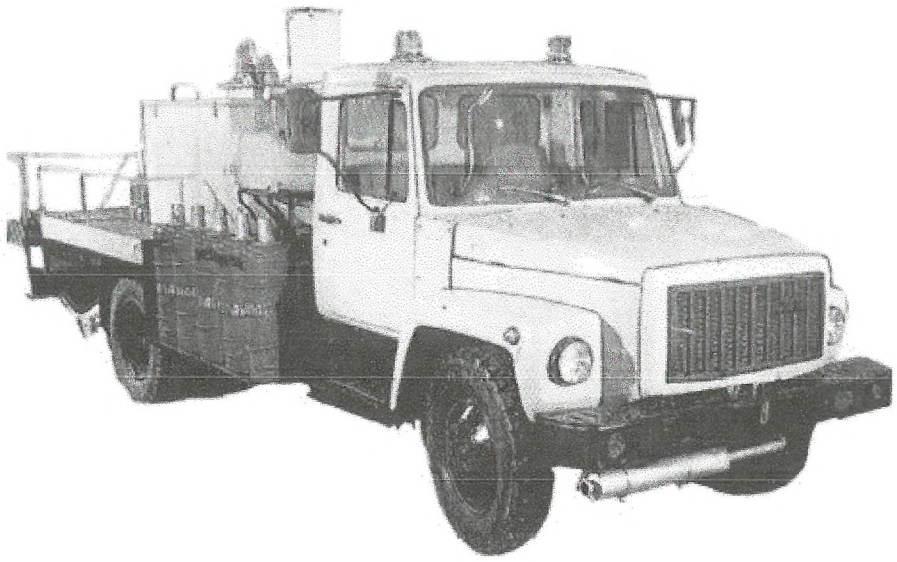

Рисунок 1.1 – Машина для ремонту дорожнього покриття ДЭ-21 М-03

Машини типу ДЭ-5 і МТРДТ призначалися для поточного ремонту асфальтобетонних покриттів із використанням підігріву або механічної підготовки пошкодженої ділянки. До складу обладнання входили бункери-термоси, ємності для в'яжучих матеріалів, компресори, електрогенератори, інфрачервоні або електричні розігрівачі, відбійні молотки, віброкотки та допоміжний інструмент. Такі машини забезпечували комплексне виконання робіт, проте мали значну масу та складність обслуговування [1, 2, 6].

Порівняльні характеристики машин для поточного ремонту дорожнього покриття наведені в таблиці 1.2. Зіставлення показників свідчить, що продуктивність машин залежала не лише від місткості бункера, а й від організації технологічного процесу, типу розігрівача, наявності компресора та засобів механізації ущільнення [1, 2].

У зарубіжній практиці значного поширення набули дорожні ремонтери, які поєднували обладнання для транспортування в'яжучого, щебеню, підігріву матеріалів, подачі стисненого повітря та використання переносного інструменту. Такі машини могли виконувати підготовку тріщин і вибоїн, очищення стисненим повітрям, нанесення в'яжучого, заповнення дефектів мінеральним матеріалом і ущільнення [1, 2].

Важливою тенденцією розвитку ремонтних машин стало застосування бітумних емульсій і пневматичної подачі щебеню. Це дозволило відмовитися від частини енергоємних операцій підігріву, підвищити мобільність машин і спростити технологію локального ремонту. У сучасних умовах такі рішення використовуються у струменево-ін'єкційних машинах, які виконують очищення вибоїни, нанесення емульсії, подачу щебенево-емульсійної суміші та поверхневе обсипання за допомогою одного робочого органа [18, 19].

Таблиця 1.2 – Характеристика машин для поточного ремонту дорожнього покриття [1, 2]

Показник	**ДЭ-5А**	**ДЭ-5**	**МТРДТ**	**МТРД**
Базове шасі	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А
Продуктивність, м²/зміну	90	80	40	30
Ємність бункера для асфальтобетону, м³	1,0	0,8	0,755	0,755
Ємність для в'яжучої емульсії, м³	–	0,09	0,03	0,05
Ємність для бензину, м³	–	0,09	–	–
Тип інфрачервоного розігрівача	газові горілки	газові горілки	електричні	–
Робочий тиск стисненого повітря, кг/см²	7	6	6	3,5
Кількість відбійних молотків	2	2	2	1
Габарити, мм	6380×2500×2420	6230×2500×2370	6540×2500×2440	6540×2500×2440
Маса машини, кг	7400	7400	7500	7500

Серед відомих машин для ямкового ремонту можна виділити причіпні та самохідні установки, які агрегатуються з вантажними автомобілями або встановлюються безпосередньо на автомобільне шасі. Причіпні машини мають простішу конструкцію та нижчу вартість, проте поступаються самохідним за маневреністю, продуктивністю та зручністю роботи оператора. Самохідні машини мають вищий рівень механізації, більший запас матеріалів і можуть оснащуватися маніпуляторами для керування робочим соплом [19].

Причіпна машина фірми Bomford застосовується для ліквідації вибоїн і ям на дорогах. Її робочий процес базується на подачі щебеню та в'яжучого до пошкодженої ділянки через робоче сопло. Основною перевагою такої машини є мобільність і можливість агрегатування з автомобілем невеликої вантажопідйомності [19].

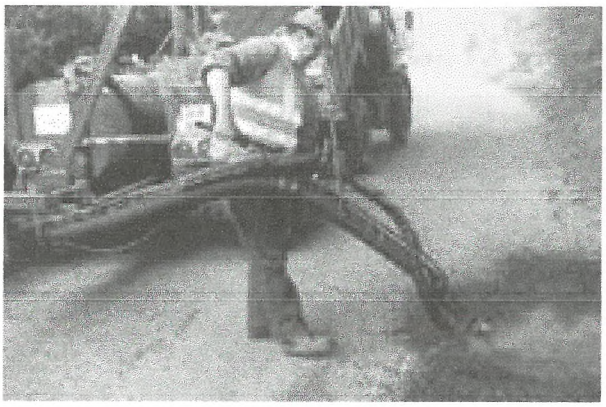

Рисунок 1.2 – Машина для ямкового ремонту фірми Bomford

Машина фірми Blubatcher належить до причіпних машин для ліквідації ямковості на дорогах. Її застосування доцільне для ремонту невеликих і середніх пошкоджень, коли потрібна швидка подача ремонтного матеріалу без розгортання великого машинного комплексу [19].

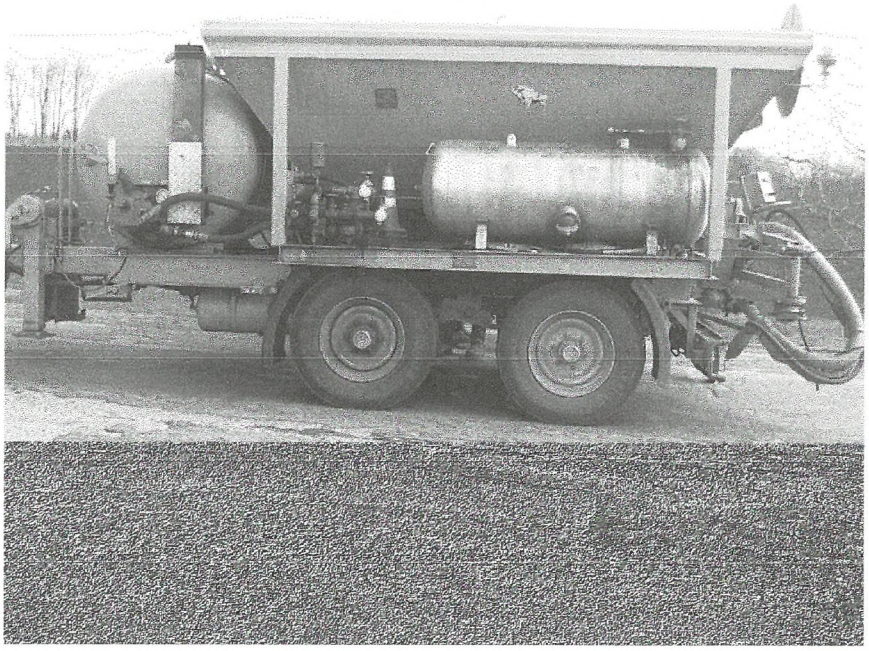

Рисунок 1.3 – Машина фірми Blubatcher для ямкового ремонту

Машини типу Бецема та Р-310М використовують технологію пневмонабризкування, при якій щебінь різних фракцій і бітумна емульсія подаються до робочого органа потоком повітря. Перевагою такої технології є можливість виконання кількох операцій одним робочим органом: очищення вибоїни, ґрунтування, заповнення та фінішного обсипання [18, 19].

Рисунок 1.4 – Машина фірми Бецема для ямкового ремонту

Рисунок 1.5 – Машина для ямкового ремонту Р-310М

Машина «Тайфун» є прикладом самохідного або напівпричіпного ремонтного комплексу, у якому передбачено автоматизований прийом,

транспортування та подачу компонентів ремонтної суміші. Наявність шнекових подавачів дає змогу окремо подавати щебінь різних фракцій, а система циркуляції та підігріву емульсії забезпечує стабільність технологічного процесу [19].

Рисунок 1.6 – Машина для ямкового ремонту «Тайфун»

Українська самохідна машина ДН-011 призначена для виконання ямкового ремонту асфальтобетонного покриття та встановлюється на вантажному автомобільному шасі. До її складу входять автономна дизельна силова установка, бункер для щебеню дрібних фракцій, термоізольована ємність для бітумної емульсії з підігрівом, повітродувка та маніпулятор робочого органа [19].

Рисунок 1.7 – Машина ДН-011 для ямкового ремонту

1.4 Обґрунтування необхідності вдосконалення системи подачі ремонтної суміші

Аналіз конструкцій дорожньо-ремонтних машин показує, що ефективність ямкового ремонту значною мірою залежить від способу подачі ремонтного матеріалу. Навіть за наявності якісної суміші та правильно підготовленої вибоїни нерівномірне дозування, перерви у подачі або розшарування матеріалу можуть призвести до зниження щільності й довговічності відремонтованої ділянки [1, 17, 18].

Система подачі ремонтної суміші повинна виконувати кілька функцій: приймати матеріал із бункера, переміщувати його до робочого органа, дозувати відповідно до об'єму дефекту, забезпечувати рівномірність заповнення та мінімізувати втрати. Для сипких і зернистих матеріалів доцільним є застосування шнекових або стрічкових подавачів, для емульсійно-щебеневих технологій — пневматичної подачі, а для гарячих сумішей — бункерів-термосів із контрольованим випуском [1, 3, 6].

Шнекові системи подачі мають просту конструкцію, компактність і здатність забезпечувати кероване переміщення матеріалу. Їх недоліками можуть бути підвищений знос робочих поверхонь при транспортуванні абразивного щебеню, можливість заклинювання при потраплянні великих частинок і потреба у виборі раціональної частоти обертання. Тому під час проєктування необхідно враховувати фракційний склад суміші, її вологість, кут природного укосу, продуктивність і навантаження на привод [3, 6, 8].

Пневматичні системи забезпечують високу швидкість подачі та дають можливість суміщати транспортування, змішування і укладання матеріалу. Проте вони потребують компресора або повітродувки, герметичних магістралей, надійного дозування емульсії та підвищеної уваги до безпеки роботи оператора. Такі системи доцільні для машин, що працюють за струменево-ін'єкційною технологією [18, 19].

Для машини, що розробляється, система подачі ремонтної суміші повинна бути достатньо простою, надійною, ремонтопридатною та придатною для роботи в умовах експлуатаційного утримання доріг. Доцільним є використання бункера для запасу матеріалу, подаючого пристрою з регульованою продуктивністю та робочого лотка або сопла, яке спрямовує суміш безпосередньо у вибоїну. Така схема дозволяє зменшити ручне перенесення матеріалу, підвищити точність укладання та скоротити час ремонту.

Конструктивне вдосконалення системи подачі ремонтної суміші повинно бути спрямоване на підвищення стабільності подачі, зменшення втрат матеріалу, зручність керування, зниження енергоємності та забезпечення безпечної роботи оператора. При цьому необхідно враховувати загальні вимоги до дорожніх машин: надійність, довговічність, технологічність виготовлення, простоту технічного обслуговування, ергономічність і відповідність вимогам безпеки [2, 3, 7, 8, 9].

У результаті аналізу встановлено, що асфальтобетонні покриття під час експлуатації зазнають поступового руйнування внаслідок дії транспортних навантажень, води, температурних коливань і старіння бітуму. Найпоширенішими локальними пошкодженнями є тріщини та вибоїни, які потребують своєчасного усунення.

Ямковий ремонт є найбільш поширеним способом локального відновлення асфальтобетонного покриття. Його ефективність залежить від якості підготовки пошкодженої ділянки, правильного вибору ремонтного матеріалу, рівномірності його подачі та належного ущільнення.

Огляд дорожньо-ремонтних машин показав, що сучасний напрям розвитку техніки полягає у створенні мобільних комплексів, здатних виконувати кілька технологічних операцій з мінімальним використанням ручної праці. Найбільш перспективними є машини з механізованою або пневматичною системою подачі ремонтної суміші.

Для подальшого проєктування доцільно прийняти машину для ямкового ремонту з бункером і регульованою системою подачі ремонтної суміші. Така конструкція дозволить підвищити продуктивність робіт, покращити якість заповнення вибоїн і забезпечити раціональне використання ремонтного матеріалу.

2. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ

2.1 Кінематичний розрахунок приводу виконавчих механізмів

В якості силової установки на машині ДН-011 використано дизельний двигун Д 243, потужністю 60 кВт (81 к.с.). Дизель приводить в обертання гідравлічний насос GRR 090 фірми Danfoss із змінною продуктивністю, який забезпечує роботу всіх механізмів і систем шляхом пропорційного розподілювача PVG 32 (Danfoss).

Подача гідравлічного насоса, яка необхідна для забезпечення номінальних обертів емульсійного насосу Q_H^E, л/хв.;

$$Q_H^E = \frac{q_M \cdot n_{ГМ} \cdot 10^{-3}}{\eta_{об.н} \cdot \eta_{об.м}}, \tag{2.1}$$

де q_M – робочий об'єм гідромотора, см^3, q_M=51,6;

$n_{ГМ}$ – частота обертання гідромотора, об/хв., $n_{ГМ}$ =700;

$\eta_{об.н}$ – об'ємний к.к.д. насосу, $\eta_{об.н}$ = 0,95;

$\eta_{об.м}$ – об'ємний к.к.д. гідромотора, $\eta_{об.м}$ = 0,95,

$$Q_H^E = \frac{51,6 \cdot 700 \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot 0,95} = 40.$$

(2.2)

Подача гідравлічного насосу, яка необхідна для забезпечення номінальних обертів компресора $Q_н^k$, л/хв.;

$$Q_н^k = \frac{g_M \cdot n_{ГМ} \cdot 10^{-3}}{\eta_{об.н} \cdot \eta_{об.м}}, \tag{2.3}$$

де q_M – робочий об'єм гідромотора, см^3, $q_M = 28,1$;

					ГММ.401ММ.014-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб.		Харченко		22.06	РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ	Літ.	Лист 21 / Листів
Перев.		Скляренко		22.06		Н	
Керівник						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»	
Н. контр.		Васильєв		22.06			
Затв.		Орисенко					

$n_{ГМ}$ – частота обертання гідромотора, об/хв., $n_{ГМ} = 2400$;

$\eta_{об.н}$ – об'ємний к.к.д. насосу, $\eta_{об.н} = 0,95$;

$\eta_{об.м}$ – об'ємний к.к.д. гідромотора, $\eta_{об.м} = 0,95$.

$$Q_н^{\ k} = \frac{28,1 \cdot 2400 \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot 0,95} = 75. \qquad (2.4)$$

Подача гідравлічного насоса, що необхідна для забезпечення номінальних обертів шнекового конвеєра $Q_H^{Ш}$, л/хв.;

$$Q_H^{Ш} = \frac{q_M \cdot n_{ГМ} \cdot 10^{-3}}{\eta_{об.н} \cdot \eta_{об.м}}, \qquad (2.5)$$

де q_M – робочий об'єм гідромотора, см^3; $q_M = 125,7$;

$n_{ГМ}$ – частота обертання гідромотора, об/хв.; $n_{ГМ} = 170$;

$\eta_{об.н}$ – об'ємний к.к.д. насосу, $\eta_{об.н} = 0,95$;

$\eta_{об.м}$ – об'ємний к.к.д. гідромотора, $\eta_{об.м} = 0,94$.

$$Q_H^{Ш} = \frac{125,7 \cdot 170 \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot 0,94} = 24\ , \qquad (2.6)$$

Для приводу циліндрової групи потрібна подача насосу 10 л/хв..

Подача гідравлічного насосу, яка потрібна для забезпечення номінальних обертів вентилятора Q_H^B, л/хв.:

$$Q_H^B = \frac{q_M \cdot n_{ГМ} \cdot 10^{-3}}{\eta_{об.н} \cdot \eta_{об.м}}, \qquad (2.7)$$

де q_M – робочий об'єм гідромотора, см^3 ; $q_M = 12,5$;

$n_{ГМ}$ – частота обертання гідромотора, об/хв.; $n_{ГМ} = 1430$;

$\eta_{об.н}$ – об'ємний к.к.д. насосу, $\eta_{об.н} = 0,95$;

$\eta_{об.м}$ – об'ємний к.к.д. гідромотора, $\eta_{об.м} = 0,94$.

$$Q_H^B = \frac{12,5 \cdot 1430 \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot 0,94} = 20. \quad (2.8)$$

Сумарна подача насосу Q_H, л/хв.;

$$Q_H = Q_H^E + Q_H^K + Q_H^{Ш} + Q_H^{Ц} + Q_H^B, \quad (2.9)$$

$$Q_H = 40 + 75 + 24 + 10 + 20 = 169. \quad (2.10)$$

Продуктивність насосу при номінальних обертах дизельного двигуна Q_H^B, л/хв.;

$$Q_H^B = q_H \cdot n_{ДВ} \cdot \eta_{об.н} \cdot 10^{-3}, \quad (2.11)$$

де q_H – робочий об'єм насоса, см^3 ,$q_M = 90$;

$n_{ДВ}$ – частота обертання дизеля Д243, об/хв.; $n_{ДВ} = 2000$;

$\eta_{об.н}$ – об'ємний к.к.д. насосу, $\eta_{об.н} = 0,95$.

$$Q_H^B = 90 \cdot 2000 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3} = 171. \quad (2.12)$$

Таким чином, продуктивність насоса Д 243 забезпечує роботу всіх механізмів і систем в заданому режимі.

2.2 Розрахунок гвинтового конвеєру

Виконуємо комплексний метод розрахунку шнекового конвеєру, призначеного для переміщення щебеню для визначення основних параметрів.

Визначаємо діаметр шнека для переміщення кускового вантажу D , мм;

$$D \geq k \cdot a' , \quad (2.13)$$

де a' – найбільший розмір кусків щебеню ,мм, $a' = 20$;

k – коефіцієнт, що враховує неоднорідність вантажу,

$k = 6 \div 8$.

$$D = 7 \cdot 20 = 140. \tag{2.14}$$

Приймаємо розмір діаметру шнека

$D = 142$ мм.

Крок шнека S, мм;

$$S = 1{,}1 \cdot D, \tag{2.15}$$

$$S = 1{,}1 \cdot 0{,}142 = 0{,}125. \tag{2.16}$$

Діаметр вала шнека

d, мм;

$$d \approx (0{,}30 \div 0{,}35) \cdot D, \tag{2.17}$$

$$d \approx (0{,}25 \div 0{,}35) \cdot 142 = 43 \div 50. \tag{2.18}$$

Приймаємо для вала трубу d = 50 мм.

Частота обертання шнека

n, об/хв.;

$$n = \frac{A}{\sqrt{D}}, \tag{2.19}$$

де A - коефіцієнт, який залежить від властивостей матеріалу,

$A = 65$;

D – діаметр шнекового конвеєру, м, $D = 0{,}142$.

$$n = \frac{65}{\sqrt{0{,}142}} = 172. \tag{2.20}$$

Приймаємо частоту обертання шнека $n = 170$ об/хв..

Визначаємо продуктивність шнекового конвеєра, яка забезпечується конструктивними і кінематичними параметрами $П$, т/год;

$$П = 47,1 \cdot \left(D^2 - d^2\right) \cdot S \cdot n \cdot k \cdot c \cdot \gamma, \qquad (2.21)$$

де k – коефіцієнт наповнення перерізу, $k = 0,5$;

c – поправочний коефіцієнт, який залежить від кута нахилу шнекового конвеєра,

$c = 0,4$;

γ – питома вага щебеня, т/м^3; $\gamma = 1,5$.

$$П = 47,1 \cdot \left(0,142^2 - 0,05^2\right) \cdot 0,125 \cdot 170 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 1,5 = 5,4. \qquad (2.22)$$

Швидкість осьового переміщення вантажу, що знаходиться в кожусі шнекового конвеєра V_1, м/с;

$$V_1 = \frac{П}{900 \cdot \pi \cdot \left(D^2 - d^2\right) \cdot k \cdot \gamma \cdot c}, \qquad (2.23)$$

$$V_1 = \frac{5,4}{900 \cdot 3,14 \cdot \left(0,142^2 - 0,05^2\right) \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,4} = 0,361. \qquad (2.24)$$

Визначаємо кут нахилу гвинтової траєкторії руху вантажу всередині кожуха, використовуючи формулу швидкості осьового переміщення вантажу:

$$V_1 = tg\theta \sqrt{\frac{D \cdot g}{2} \cdot \left[\frac{\sin(\alpha + \rho_1) \cdot \sin\beta - \cos(\alpha + \rho_1) \cdot \cos\beta \cdot \cos\phi'}{f_2 \cdot \cos(\theta + \alpha + \rho_1)} - \cos\beta \cdot \cos\phi' \right]}, \qquad (2.25)$$

де D – діаметр шнека, м;

β – кут нахилу конвеєру до горизонту, $\beta = 75^\circ$;

f_2 – коефіцієнт тертя вантажу об сталеву поверхню, $f_2 = 0,45$;

ρ_1 – кут тертя вантажу по поверхні шнека.

$$\rho_1 = arctg\, f_2 = arctg\, 0,45 = 24^\circ 15', \qquad (2.26)$$

α – кут гвинтової нитки по зовнішній кромці шнека.

$$\alpha = arctg\frac{S}{\pi \cdot D}, \tag{2.27}$$

$$\alpha = arctg\frac{0,125}{3,14 \cdot 0,142} = 16^o 06^{/}; \tag{2.28}$$

$\phi^{/}$ – кут природного нахилу вантажу в русі

$$\phi^{/} = 0,7 \cdot \phi_0, \tag{2.29}$$

де φ_0 – кут природного нахилу вантажу у стані спокою, $\varphi_0 = (35 \div 45)^o$,

$$\phi^{/} = 0,7 \cdot 40^o = 28^o 0^{/}; \tag{2.30}$$

g– прискорення вільного падіння, м/с^2; $g=9,81$;

θ – кут нахилу гвинтової траєкторії руху вантажу.

Використовуючи метод поступового наближення визначаємо кут θ.

Приймемо кут $\theta = 18^{\circ}24'$, тоді

$$0,361 = tg18^{\circ}24'\sqrt{0,69\left[\frac{\sin 40^{\circ}21' \cdot \sin 75^{\circ} - \cos 40^{\circ}21' \cdot \cos 75^{\circ} \cdot \cos 28^{\circ}}{0,45 \cdot \cos 58^{\circ}45'} - \cos 75^{\circ}\right.} \tag{2.31}$$

Рівняння виконується при куті $\theta = 18^o 24^{/}$.

Колова швидкість переміщення руху вантажу

V_2, м/с,

$$V_2 = V_1 \cdot ctg\theta, \tag{2.32}$$

де $V_1 = 0,361$ – швидкість осьового переміщення вантажу, м/с ,

$$V_2 = 0,361 \cdot ctg18^o 24^{/} = 0,361 \cdot 3,006 = 1,08. \tag{2.33}$$

Швидкість руху вантажу в кожусі шнекового конвеєру V_a, м/с,

$$V_a = \frac{V_1}{\sin\theta}, \tag{2.34}$$

$$V_a = \frac{0,361}{\sin 18^o 24^{/}} = \frac{0,361}{0,315} = 1,14. \tag{2.35}$$

Колова швидкість руху вантажу по зовнішній кромці V,м/с,

$$V = V_1 \cdot (ctg\alpha + ctg\theta), \tag{2.36}$$

$$V = 0,361 \cdot (ctg16^o 06^{/} + ctg18^o 24^{/}) = 0,361 \cdot (3,465 + 3,006) = 2,35. \tag{2.37}$$

Колова кутова швидкість руху вантажу

ω_2, с$^{-1}$,

$$\omega_2 = \frac{2 \cdot V_2}{D}, \tag{2.38}$$

$$\omega_2 = \frac{2 \cdot 1,08}{0,142} = 15,3. \tag{2.39}$$

Колова кутова швидкість руху вантажу по зовнішній кромці ω, с$^{-1}$,

$$\omega = \frac{2 \cdot V}{D}, \tag{2.40}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 2,35}{0,142} = 33. \tag{2.41}$$

Визначаємо максимальне число обертів шнека n_{max}, об/хв.,

$$n_{max} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D}, \tag{2.42}$$

де

V – колова швидкість руху вантажу по зовнішній кромці, м/с;

$$V = 2,35;$$

D – діаметр шнека, м; $D = 0,142$.

$$n_{max} = \frac{60 \cdot 2,35}{3,14 \cdot 0,142} = 318. \quad (2.43)$$

Мінімальна кількість обертів шнекового конвеєра

n_{min}, об/хв.,

$$n_{min} = 13,5 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \sin(\alpha_1 - \rho_1)}{d \cdot \sin \rho_1}}, \quad (2.44)$$

де α_1 – кут підйому гвинтової нитки по внутрішній кромці шнека

$$\alpha_1 = arctg \frac{S}{\pi \cdot d}, \quad (2.45)$$

де d – діаметр внутрішньої кромки шнека, м; $d = 0,05$;

$$\alpha_1 = arctg \frac{0,125}{3,14 \cdot 0,05} = arctg\, 0,796 = 38^o 31', \quad (2.46)$$

$$n_{min} = 13,5 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot \sin(38^o 31' - 24^o 15')}{0,05 \cdot \sin 24^o 15'}} = 13,5 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,246}{0,05 \cdot 0,4105}} = 146,5. \quad (2.47)$$

Таким чином

$n > n_{min}$, отже продуктивність конвеєра забезпечується.

Коефіцієнт завантажувальної здатності

$$\psi = \psi_1 \cdot \psi_2, \tag{2.48}$$

де ψ_1 – коефіцієнт, що враховує залежність завантажувальної здатності від числа обертів шнека

$$\psi_1 = 1 - 0,0006 \cdot n, \tag{2.49}$$

$$\psi_1 = 1 - 0,0006 \cdot 318 = 0,809; \tag{2.50}$$

ψ_2 – коефіцієнт, що враховує залежність завантажувальної здатності від кута нахилу шнека до горизонту

$$\psi_2 = 1 - 0,005 \cdot \beta, \tag{2.51}$$

$$\psi_2 = 1 - 0,005 \cdot 75 = 0,625, \tag{2.52}$$

$$\psi = 0,809 \cdot 0,625 = 0,51. \tag{2.53}$$

Приймаємо

$\psi = 0,5$ для шнекового конвеєру, що не має проміжних опор.

Порівняємо прийнятий та розрахований коефіцієнти завантажувальної здатності шнекового конвеєру ψ

$$\psi \le \psi_1 \cdot \psi_2, \tag{2.54}$$

$$0,5 \le 0,51. \tag{2.55}$$

Нерівність виконується, отже продуктивність конвеєра забезпечується.

2.3 Розрахунок продуктивності компресора

Продуктивність компресора повинна забезпечувати подачу ремонтного матеріалу в робочу зону.

Подача повітря, що необхідна для транспортування щебеню $П_К$, $м^3/с.$;

$$П_К = \frac{П}{3,6 \cdot \mu \cdot Y_B}, \tag{2.56}$$

де $П$ – продуктивність конвеєру, т/год.; $П = 5,4$;

μ – коефіцієнт концентрації суміші, $\mu = 10$;

Y_B – густина повітря, кг/м^3; $Y_B = 1,2$;

$$П_К = \frac{5,4}{3,6 \cdot 10 \cdot 1,2} = 0,125. \tag{2.57}$$

Хвилинна продуктивність компресора $П_К$=7,5 м^3/хв.

Визначаємо критичну швидкість ремонтного матеріалу $V_{КР}$, $м/с.$,

$$V_{КР} = n_2 \sqrt{\mu \cdot a \cdot g \cdot d_{ТР}}, \tag{2.58}$$

де n_2 – дослідна константа для зернистих матеріалів,

$n_2 = 0,27$;

μ – коефіцієнт концентрації суміші, $\mu = 10$;

a – коефіцієнт, що враховує густину ремонтного матеріалу.

$$a = \frac{Y_Щ - Y_B}{Y_B}, \tag{2.59}$$

$$a = \frac{1500 - 1,2}{1,2} = 1250; \tag{2.60}$$

d_{TP} – діаметр трубопроводу компресора, м;

$d_{TP} = 0,076;$

g – прискорення вільного падіння, м/с^2.; $g = 9,81.$

$$V_{KP} = 0,27\sqrt{10 \cdot 1250 \cdot 9,81 \cdot 0,076} = 26. \quad (2.61)$$

Продуктивність подачі повітря і щебеню

$П$, м^3/хв.,

$$П = П_K + П_{Щ}, \quad (2.62)$$

де

$П_K$ – продуктивність компресора, м^3/хв; $П_K = 7,5;$

$П_{Щ}$ – продуктивність шнекового конвеєра, м^3/хв; $П_{Щ} = 0,06;$

$$П = 7,5 + 0,06 = 7,56. \quad (2.63)$$

Швидкість руху суміші в трубопроводі V_a' м/сек.,

$$V_a' = \frac{4 \cdot П_K}{60 \cdot \pi \cdot d_{TP}^2}, \quad (2.64)$$

де

d_{TP} – діаметр трубопроводу компресора, м.; $d_{TP} = 0,076$;

$$V_a' = \frac{4 \cdot 7,5}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,076^2} = 27,6. \quad (2.65)$$

Продуктивність компресора достатня для забезпечення надійності транспортування робочого матеріалу.

Максимальна продуктивність компресора прийнятого в конструкції дорівнює 11 м^3/хв..

2.4 Розрахунок потужності приводу шнекового конвеєра

Визначаємо потужність шнекового конвеєру, що витрачається на подолання сил інерції, які виникають при зміні швидкостей руху вантажу (в момент завантаження) від 0 до V_a,

N_1, к.с.,

$$N_1 = \frac{П \cdot V_a^2}{270g}, \quad (2.66)$$

де

V_a – швидкість вантажу в кожусі, м/с.; $V_a = 1,14$;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2. ;

$g = 9,81$ м/с^2.

$$N_1 = \frac{5,4 \cdot 1,14^2}{270 \cdot 9,81} = 0,0063. \quad (2.67)$$

Визначаємо потужність, що витрачається на подолання сил тертя вантажу по внутрішній поверхні кожуха

N_2, к.с.,

$$N_2 = \frac{F_k \cdot V_a}{75}, \quad (2.68)$$

де F_k – сила тертя вантажу по поверхні кожуха, кг,

$$F_k = f_2(P_c + G\cos\beta\cos\phi), \quad (2.69)$$

де

P_c – відцентрова сила, кг,

$$P_c = \frac{G \cdot w_2^2 \cdot D_0}{2g}, \quad (2.70)$$

де

D_0 – діаметр кола, що проходить через центр тиску вантажу на поверхню шнека, м,

$$D_0 = 0,75 \cdot D = 0,75 \cdot 0,142 = 0,106, \quad (2.71)$$

$$P_c = \frac{8 \cdot 15,28^2 \cdot 0,106}{2 \cdot 9,81} = 10,2, \qquad (2.72)$$

G – вага вантажу, що знаходиться в кожусі шнека, кг,

$$G = \frac{П \cdot L}{3,6 \cdot V_1}, \qquad (2.73)$$

$$G = \frac{5,4 \cdot 1,8}{3,6 \cdot 0,361} = 8. \qquad (2.74)$$

$$F_k = 0,45 \cdot \left(10,2 + 8 \cdot \cos 75^0 \cdot \cos 28^0\right) = 12, \qquad (2.75)$$

$$N_2 = \frac{12 \cdot 1,14}{75} = 0,18. \qquad (2.76)$$

Визначаємо потужність, що витрачається на переміщення вантажу вздовж вісі валу та на подолання тертя вантажу по гвинтовій поверхні

N_3, к.с.,

$$N_3 = \frac{P_0' D_0(\omega - \omega_2)}{150} + \frac{P_0'' D(\omega - \omega_2)}{150}, \qquad (2.77)$$

де

P_0' – рухома сила, дотична до кола, що проходить через центр тиску на гвинтову поверхню, кг,

$$P_0^{'} = G \cdot \sin\beta \cdot tg(\alpha_0 + \rho_1), \qquad (2.78)$$

де

β – кут нахилу шнека до горизонту,

$\beta = 75^{\circ}$;

ρ_1 – кут тертя вантажу по поверхні шнека, $\rho_1 = 24^{o}15'$;

α_0 – кут підйому гвинтової нитки, яка проходить через центр ваги вантажу на поверхні шнека

$$\alpha_0 = arctg\frac{S}{\pi \cdot D_0}, \qquad (2.79)$$

де S – крок шнека, м.; $S = 0{,}125$;

$$\alpha_0 = arctg\frac{125}{3{,}14 \cdot 106{,}5} = 20^{\circ}30', \qquad (2.80)$$

$$P_0^{/} = 8 \cdot \sin 75^{\circ} \cdot tg(20^{\circ}30' + 24^{\circ}15') = 8{,}4; \qquad (2.81)$$

P_0'' – колова сила на зовнішній кромці шнека, кг,

$$P_0'' = F_k \cdot \sin\theta \cdot tg(\alpha_0 + \rho_1), \qquad (2.82)$$

Де

θ – кут підйому гвинтової лінії, по якій рухається матеріальна точка,

$\theta = 18^0 24'$,

$$P_0'' = 12 \cdot \sin 18^\circ 24' \cdot tg(20^\circ 30' + 24^\circ 15') = 3,8, \quad (2.83)$$

$$N_3 = \frac{8,4 \cdot 0,106 \cdot (33 - 15,3)}{150} + \frac{3,8 \cdot 0,142 \cdot (33 - 15,3)}{150} = 0,345. \quad (2.84)$$

Визначаємо потужність на валу шнека, кВт.,

$$N_0 = \frac{(N_1 + N_2 + N_3) \cdot k_0}{\eta_n}, \quad (2.85)$$

де k_0 – коефіцієнт, що враховує защемлення та подрібнення вантажу, $k_0 = 1,2$;

η_n – ККД пари радіальних та одного упорного підшипників кочення, $\eta_n = 0,99^2 = 0,98$.

$$N_0 = \frac{(0,0063 + 0,18 + 0,345) \cdot 1,2}{0,98} = 0,95. \quad (2.86)$$

Перевіримо потужність на валу шнекового конвеєра за емпіричною формулою,

N_0, кВт,

$$N_0 = \frac{n_y \cdot П}{360 \cdot \eta_{заг}} \cdot (L \cdot w + H), \quad (2.87)$$

де n_y – коефіцієнт динамічності під час пуску, $n_y = 2,5$;

$П$ – продуктивність конвеєра, т/год. $П = 5,4$;

$\eta_{заг}$ – загальний ККД приводу, $\eta_{заг} = 0,6$;

L – довжина транспортування, $L = 1,8$ м.;

w – коефіцієнт опору руху,

$w = 5$,;

H – висота транспортування, м.;

$H = 1,3$.

$$N_0 = \frac{2,5 \cdot 5,4}{360 \cdot 0,6}(1,8 \cdot 5 + 1,3) = 0,7 \text{ кВт} = 0,95. \quad (2.88)$$

Визначаємо крутний момент на валу шнека

T, Н·м.,

$$T = \frac{1000 \cdot 60 \cdot N \cdot \eta}{2\pi \cdot n}, \quad (2.89)$$

$$T = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 0,7 \cdot 0,6}{2 \cdot 3,14 \cdot 170} = 23,6. \quad (2.90)$$

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Призначення та аналіз роботи деталі у вузлі

Деталь «палець» застосовується у вузлі кріплення блока машини для ямкового ремонту з системою подачі ремонтної суміші. За функціональним призначенням палець є опорно-з'єднувальним елементом, який забезпечує фіксацію блока та передавання навантаження між спряженими деталями вузла.

Під час роботи машини на палець діють змінні радіальні навантаження, зусилля зсуву та згинальний момент, що виникає під час піднімання й опускання рами або робочого органа. Тому до деталі висуваються підвищені вимоги щодо міцності, зносостійкості, точності виготовлення посадкових поверхонь та якості поверхневого шару.

Найбільш відповідальними є циліндричні поверхні пальця, які контактують з отворами спряжених деталей. Для них необхідно забезпечити задані граничні відхили розмірів, співвісність, відсутність задирок, а також шорсткість, зазначену на кресленні. Низька якість обробки цих поверхонь може призвести до підвищеного зносу, появи люфтів, нерівномірного розподілу навантажень і скорочення ресурсу вузла.

Матеріалом деталі прийнято конструкційну вуглецеву якісну сталь 45. Для підвищення експлуатаційних властивостей пальця передбачено термічну обробку з отриманням твердості 220...260 НВ. Такий інтервал твердості забезпечує достатню міцність і зносостійкість за умови збереження оброблюваності матеріалу на верстатах.

3.2 Аналіз технологічності конструкції пальця

За конструкцією палець є тілом обертання ступінчастої форми з двома торцевими буртами, центральною робочою поверхнею та циліндричними поясками різного діаметра.

Основні поверхні деталі можуть бути сформовані токарною обробкою, а відповідальні посадкові поверхні після термічної обробки доцільно остаточно обробляти шліфуванням.

Конструкція деталі є достатньо технологічною, оскільки більшість поверхонь мають спільну вісь обертання і можуть оброблятися за одну або кілька установок у центрах чи в патроні з підтисканням центром. Це дає змогу зменшити похибку співвісності та забезпечити стабільну точність розмірів.

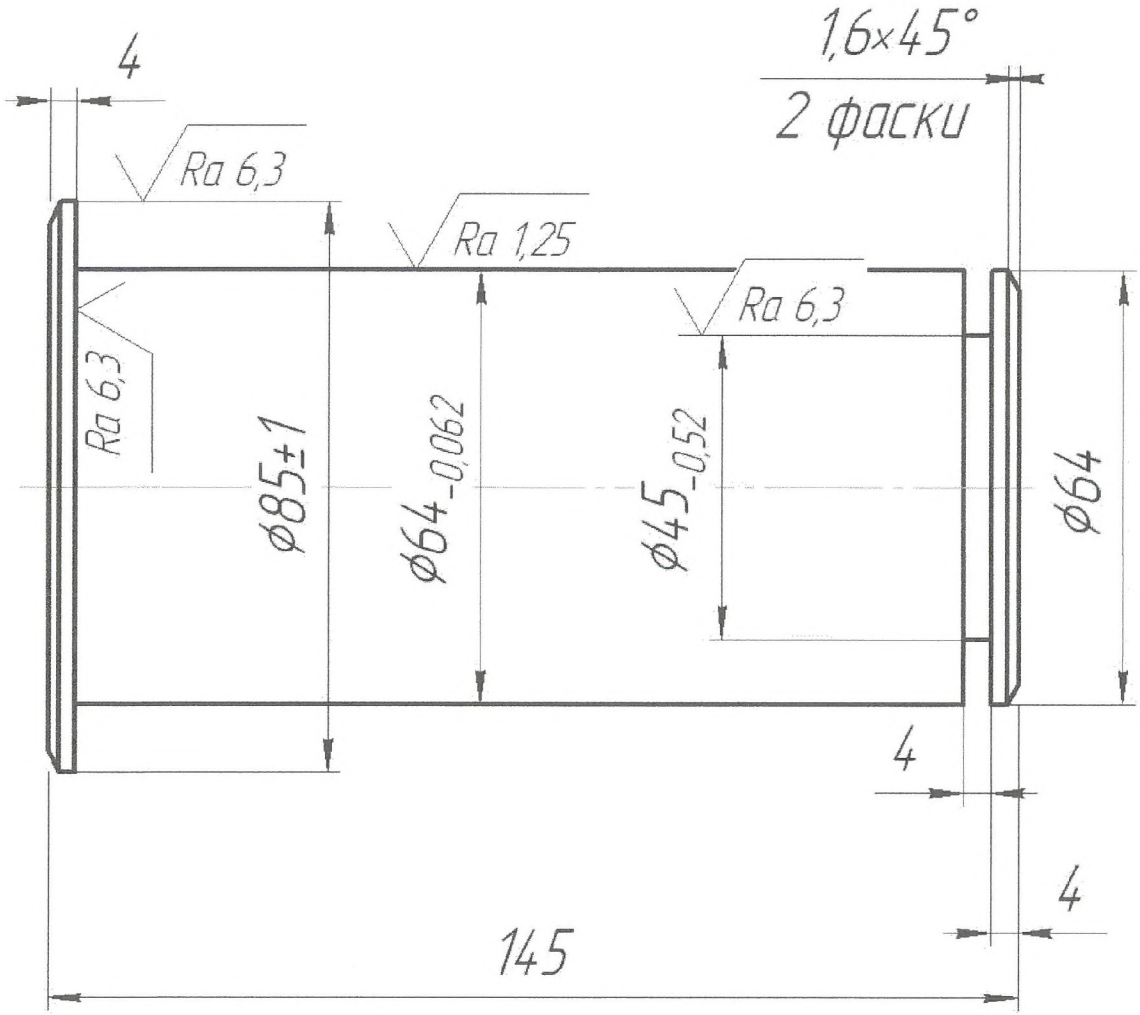

Рисунок 3.1 – Палець

3.3 Вибір матеріалу, заготовки та сучасних стандартів

Для виготовлення пальця застосовується сталь 45, яка належить до якісних конструкційних вуглецевих сталей і широко використовується для деталей типу валів, осей, пальців, втулок та інших навантажених елементів

машин. Матеріал забезпечує необхідне поєднання міцності, пластичності, зносостійкості та придатності до термічної обробки.

У вихідному технологічному процесі було зазначено заготовку Ø45×145 мм, що є конструктивно неможливим для виготовлення деталі з найбільшим діаметром Ø85 мм. Тому технологічний процес удосконалено: за кресленням найбільший розмір пальця становить Ø85 мм, а для забезпечення припуску на чорнову, чистову обробку та шліфування приймаємо гарячекатаний круглий прокат Ø95×145 мм.

Заготовку доцільно одержувати відрізуванням від гарячекатаного круглого прутка. Такий спосіб є економічно виправданим для одиничного та дрібносерійного виробництва, не потребує складного заготівельного оснащення та забезпечує достатній припуск для механічної обробки.

Рисунок 3.2 – Заготовка пальця

Таблиця 3.1 – Заміна застарілих нормативних посилань сучасними стандартами

Питання технологічного процесу	Прийнято у вдосконаленому процесі
Заготовка з круглого гарячекатаного прокату	ДСТУ EN 10060:2014 «Прутки круглі гарячекатані загального призначення. Розміри і допуски на форму та розміри»
Технічні умови на якісну вуглецеву сталь	ДСТУ 7809:2015 «Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови»
Допуски та посадки гладких циліндричних поверхонь	ДСТУ ISO 286-1:2002 та ДСТУ ISO 286-2:2002
Позначення шорсткості поверхонь на кресленнях	ДСТУ EN ISO 1302:2018
Загальні вимоги до технологічної документації	ДСТУ ISO 9001:2015 у частині керування виробничими процесами та документованою інформацією

3.4 Призначення припусків на механічну обробку

Припуск на обробку призначають з урахуванням виду заготовки, точності попередньої операції, стану поверхневого шару, похибки встановлення та вимог до готової деталі. Для деталі типу «палець» раціональним є поєднання дослідно-статистичного методу призначення припусків із перевіркою їх достатності за технологічною послідовністю обробки.

З метою зменшення перевитрати металу та скорочення машинного часу приймаємо диференційований розподіл припусків: найбільший припуск знімається під час чорнового точіння, менший — під час чистового точіння, а остаточна точність і якість поверхні забезпечуються шліфуванням.

Таблиця 3.2 – Припуски на обробку зовнішніх циліндричних поверхонь

№ з/п	Вид обробки	Припуск на діаметр, мм	Призначення операції
1	Чорнове точіння	3,0	Зняття основного шару металу, усунення похибок заготовки
2	Чистове точіння	1,8	Формування розмірів під остаточну обробку
3	Кругле шліфування	0,2	Забезпечення точності, шорсткості та якості поверхні
	Загальний припуск	5,0	Перехід від Ø95 мм до найбільшого обробленого діаметра Ø85 мм

Таблиця 3.3 – Розрахунок проміжних розмірів

Маршрут обробки	Розмір, мм	Допуск / вимога	Припуск, мм
Розмір поверхні за кресленням	Ø85	згідно з кресленням та ДСТУ ISO 286-1, ДСТУ ISO 286-2	–
Припуск на шліфування	–	–	0,2
Розмір після чистового точіння	Ø85,2	під шліфування	–
Припуск на чистове точіння	–	–	1,8
Розмір після чорнового точіння	Ø87,0	під чистову обробку	–
Припуск на чорнове точіння	–	–	3,0
Розмір заготовки	Ø95×145	гарячекатаний круглий прокат за ДСТУ EN 10060:2014	–

3.5 Вибір обладнання, інструменту та пристосувань

Для виконання токарних операцій у базовому варіанті може застосовуватися універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20. Для вдосконаленого технологічного процесу доцільним є використання токарного верстата з числовим програмним керуванням або модернізованого універсального верстата з цифровою індикацією. Це підвищує стабільність розмірів, зменшує вплив людського фактора та скорочує допоміжний час.

Закріплення заготовки під час токарної обробки виконується у трикулачковому самоцентрувальному патроні з підтисканням заднім центром. Для забезпечення співвісності при остаточній обробці рекомендується застосовувати обробку в центрах. Під час шліфування використовують круглошліфувальний верстат, шліфувальний круг відповідної зернистості та охолоджувальну рідину.

Таблиця 3.4 – Рекомендоване обладнання та технологічне оснащення

Операція	**Обладнання**	**Інструмент / оснащення**	**Контроль**
Відрізування заготовки	стрічкопильний або відрізний верстат	пильне полотно, упор довжини	рулетка, штангенциркуль
Торцювання та центрування	токарний верстат 16К20 або токарний ЧПК	підрізний різець, центрувальне свердло	штангенциркуль, кутник
Чорнове точіння	токарний верстат	прохідний різець з твердосплавною пластиною Т15К6 або сучасною пластиною ISO P25-P35	штангенциркуль
Чистове точіння	токарний верстат	прохідний чистовий різець ISO P10-P25	мікрометр
Термічна обробка	термічна піч	пристосування для завантаження	твердомір Брінелля
Кругле шліфування	круглошліфувальний верстат	шліфувальний круг, центри, охолодження	мікрометр, контроль Ra
Фінішний контроль	контрольний пост	засоби вимірювання	мікрометр, штангенциркуль, профілометр

3.6 Удосконалений маршрут технологічного процесу виготовлення пальця

Удосконалений технологічний процес побудовано так, щоб забезпечити послідовне формування базових поверхонь, зменшити похибки установлення та винести остаточну обробку відповідальних поверхонь після термічної обробки. Така схема підвищує точність і ресурс деталі.

Таблиця 3.5 – Маршрутно-операційна карта виготовлення пальця

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання та оснащення
005	Заготівельна	Відрізати заготовку Ø95×145 мм від круглого гарячекатаного прокату. Зняти гострі задирки після різання.	Стрічкопильний верстат, упор довжини, напилок або шліфувальна машинка
010	Контроль заготовки	Перевірити діаметр, довжину, відсутність тріщин, значних раковин, розшарувань та викривлення.	Штангенциркуль, лінійка, візуальний контроль
015	Токарна підготовча	Установити заготовку в патроні, підрізати перший торець, виконати центровий отвір. Перевернути заготовку, підрізати другий торець у розмір 145 мм, виконати другий центровий отвір.	Токарний верстат, патрон, центр, підрізний різець, центрувальне свердло
020	Токарна чорнова	Обточити зовнішні циліндричні поверхні з припуском під чистову обробку. Сформувати бурти, уступи та технологічні канавки.	Токарний верстат, прохідні та канавкові різці

Продовження таблиці 3.5 – Маршрутно-операційна карта виготовлення пальця

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання та оснащення
025	Токарна чистова	Виконати чистове точіння поверхонь Ø85, Ø64 і Ø45 з припуском під шліфування для відповідальних ділянок. Обробити торці, проточки та фаски 1,6×45°.	Токарний верстат, чистові різці, фасочний різець
030	Слюсарна	Зняти задирки, притупити гострі кромки, очистити деталь від стружки та мастильно-охолоджувальної рідини.	Верстак, напилки, абразивний інструмент
035	Термічна обробка	Виконати термічну обробку для отримання твердості 220...260 НВ. Після охолодження очистити поверхні від окалини.	Термічна піч, ванна охолодження, дробоструминне або абразивне очищення
040	Проміжний контроль	Перевірити твердість, відсутність тріщин і деформацій після термічної обробки.	Твердомір, візуальний контроль, контроль биття
045	Круглошліфувальна	Шліфувати відповідальні циліндричні поверхні до розмірів і шорсткості, зазначених на кресленні. Забезпечити Ra 1,25 для робочої поверхні та Ra 6,3 для менш відповідальних поверхонь.	Круглошліфувальний верстат, центри, шліфувальний круг, охолодження

Продовження таблиці 3.5 – Маршрутно-операційна карта виготовлення пальця

050	Фінішна слюсарна	Промити деталь, видалити залишкові задирки, нанести антикорозійне покриття або консерваційне мастило.	Мийна ванна, щітки, консерваційне мастило
055	Остаточний контроль	Перевірити основні розміри, шорсткість, твердість, зовнішній вигляд, відповідність кресленню та технічним вимогам.	Мікрометр, штангенциркуль, профілометр, твердомір

3.7 Визначення режимів різання

Режими різання призначають з урахуванням матеріалу деталі, виду обробки, жорсткості системи «верстат – пристосування – інструмент – деталь», припуску на обробку та вимог до точності. Для сталі 45 при чорновому точінні приймаємо твердосплавний інструмент групи застосування Р25–Р35, для чистового точіння — Р10–Р25.

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \qquad (3.1)$$

де v – швидкість різання, м/хв; D – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Для чорнового точіння заготовки Ø95 мм при швидкості різання v = 51 м/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot 51}{3,14 \cdot 95} = 171 об / хв \qquad (3.2)$$

За паспортними даними верстата приймаємо найближче стандартне значення n = 160 або 200 об/хв. Для забезпечення продуктивності та з урахуванням достатньої потужності верстата приймаємо n = 200 об/хв.

Глибина різання під час чорнового точіння приймається t = 2,5...3,0 мм на сторону, під час чистового точіння t = 0,5...0,9 мм, під час шліфування остаточний припуск становить 0,2 мм на діаметр. Подача для чорнового точіння

приймається S = 0,4 мм/об, для чистового точіння S = 0,15 мм/об, для торцювання S = 0,05 мм/об.

Таблиця 3.6 – Рекомендовані режими обробки

Операція	D, мм	v, м/хв	S, мм/об	t, мм	n, об/хв
Чорнове точіння	95	51	0,40	2,5...3,0	200
Чистове точіння Ø85	85	120	0,15	0,5...0,9	450
Чистове точіння Ø64	64	120	0,15	0,5...0,9	600
Точіння проточок і фасок	45...85	105	0,20...0,40	за кресленням	400...700
Кругле шліфування Ø64	64	30	поздовжня подача 10 мм/об	0,2 на діаметр	за паспортом верстата

3.8 Нормування основного часу

Основний час для токарних переходів визначається за залежністю:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \qquad (3.3)$$

де L – розрахункова довжина проходу інструмента з урахуванням врізання та перебігу, мм; i – кількість проходів; S – подача, мм/об; n – частота обертання шпинделя, об/хв.

Для торцювання час визначають з урахуванням радіального переміщення інструмента:

$$T_o = \frac{D}{2 \cdot S \cdot n} \qquad (3.4)$$

Для шліфувальної операції основний час визначається залежно від довжини шліфування, поздовжньої подачі, припуску, поперечної подачі та коефіцієнта, що враховує характеристику круга:

$$T_ш = \frac{L \cdot h \cdot f}{S_{позд} \cdot t_{поп} \cdot v} \qquad (3.5)$$

Таблиця 3.7 – Орієнтовна норма часу на виготовлення пальця

№ операції	Операція	Основний час, хв	Допоміжний час, хв	Разом, хв
005	Відрізування заготовки	1,10	1,00	2,10
015	Підрізання торців і центрування	4,80	3,00	7,80
020	Чорнове точіння	8,50	4,00	12,50
025	Чистове точіння, проточки, фаски	7,60	4,00	11,60
030	Слюсарна обробка	1,20	1,00	2,20
035	Термічна обробка	–	партійна операція	–
040	Проміжний контроль	1,00	1,00	2,00
045	Кругле шліфування	4,90	2,50	7,40
050	Фінішна слюсарна та очищення	1,20	0,80	2,00
055	Остаточний контроль	1,50	1,00	2,50
	Разом без урахування партійної термообробки	31,80	18,30	50,10

Загальна штучна норма часу за вдосконаленим технологічним процесом становить орієнтовно 50,10 хв. Незначне збільшення порівняно з вихідним варіантом пояснюється введенням проміжного контролю після термічної обробки та фінішних операцій, що підвищують якість і надійність деталі. У серійному виробництві за рахунок використання верстата з ЧПК, групового налаштування та партійної термічної обробки фактичний час може бути зменшений.

3.9 Контроль якості виготовлення деталі

Контроль якості виконується на всіх основних етапах виготовлення. Після заготівельної операції перевіряють розміри заготовки та наявність

поверхневих дефектів. Після чорнового й чистового точіння контролюють діаметри, довжини, якість торців і правильність виконання фасок. Після термічної обробки обов'язково перевіряють твердість 220...260 НВ та відсутність тріщин.

Остаточний контроль передбачає перевірку відповідальних діаметрів мікрометром, довжини деталі штангенциркулем, шорсткості поверхні профілометром або зразками шорсткості, а також візуальний огляд на відсутність задирок, рисок, забоїн та слідів перегріву. Деталь допускається до складання лише за умови відповідності кресленню, технічним вимогам і прийнятим стандартам.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

. 4.1 Загальні положення

Безпека життєдіяльності під час експлуатації машини для ямкового ремонту з системою подачі ремонтної суміші є важливою умовою забезпечення безпечної роботи обслуговувального персоналу, водіїв транспортних засобів та пішоходів. Дорожньо-ремонтні роботи виконуються безпосередньо на проїзній частині або поблизу неї, тому вони пов'язані з підвищеним рівнем небезпеки. Основними чинниками ризику є рух транспортних засобів, робота машин і механізмів, використання гарячих ремонтних сумішей, наявність рухомих елементів обладнання, шум, вібрація, пил і можливість контакту з бітумними матеріалами.

Машина для ямкового ремонту призначена для механізованого виконання операцій з очищення пошкодженої ділянки, подачі ремонтної суміші, заповнення вибоїни та підготовки покриття до подальшого ущільнення. Під час її експлуатації необхідно дотримуватися вимог охорони праці, пожежної безпеки, електробезпеки, виробничої санітарії та правил безпечного виконання робіт на автомобільних дорогах.

До роботи з машиною допускаються особи, які досягли встановленого законодавством віку, пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктаж з охорони праці, навчання з безпечних методів виконання робіт та мають відповідну кваліфікацію. Оператор машини повинен знати будову обладнання, призначення органів керування, правила запуску і зупинки механізмів, порядок аварійного вимкнення, а також вимоги безпеки при роботі з ремонтними сумішами.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання ямкового ремонту дорожнього покриття на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До основних небезпечних факторів належать рух транспорту в зоні виконання робіт, можливість наїзду на працівників, захоплення одягу або частин тіла рухомими елементами машини, опіки від гарячої ремонтної суміші чи нагрітих поверхонь, травмування під час завантаження матеріалів, а також падіння працівників на нерівній або забрудненій поверхні.

До шкідливих факторів належать підвищений рівень шуму від двигуна, компресора, системи подачі суміші та допоміжного обладнання; вібрація, що передається на робоче місце оператора; запиленість повітря під час очищення вибоїн і подачі мінеральних матеріалів; випаровування бітумних матеріалів; підвищена температура повітря в зоні роботи з гарячими сумішами; несприятливі погодні умови при виконанні робіт на відкритому повітрі.

Особливу увагу необхідно приділяти системі подачі ремонтної суміші. У процесі роботи можливе забивання транспортуючих каналів, нерівномірна подача матеріалу, підвищення тиску в пневматичній або гідравлічній системі, а також викидання частинок щебеню чи суміші із робочого сопла. Тому всі елементи системи подачі повинні мати справні захисні кожухи, надійні з'єднання трубопроводів, справні запірні пристрої та можливість швидкого аварійного вимкнення.

4.3 Організація безпечного виконання дорожньо-ремонтних робіт

Перед початком виконання ямкового ремонту необхідно правильно організувати робочу зону. Місце проведення робіт повинно бути позначене тимчасовими дорожніми знаками, сигнальними конусами, огородженням та іншими технічними засобами організації дорожнього руху. За потреби вводиться обмеження швидкості руху, часткове перекриття смуги або організація об'їзду. У темну пору доби або в умовах недостатньої видимості

робоча зона повинна бути додатково освітлена, а огородження — обладнане світловими сигнальними елементами.

Працівники, які перебувають у зоні дорожніх робіт, повинні використовувати сигнальний одяг підвищеної видимості, захисні каски, рукавиці, спеціальне взуття, захисні окуляри, а за необхідності — засоби захисту органів дихання та слуху. Забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи машини, особливо біля робочого органа, сопла подачі суміші, бункера та рухомих механізмів.

Перед запуском машини оператор повинен перевірити технічний стан основних вузлів: справність двигуна, гальмівної системи, гідравлічних або пневматичних магістралей, системи подачі ремонтної суміші, кріплення бункера, стан захисних кожухів, наявність вогнегасника, аптечки та засобів аварійного вимкнення. Не допускається експлуатація машини при витіканні палива, мастила, бітумної емульсії, несправності трубопроводів, пошкодженні електропроводки або відсутності захисних пристроїв.

Під час роботи оператор повинен постійно контролювати положення машини, роботу системи подачі суміші, температуру матеріалу, тиск у робочих магістралях та якість заповнення вибоїни. Забороняється очищати забиті канали, ремонтувати механізми, підтягувати з'єднання або виконувати регулювання під час роботи приводу. Такі операції дозволяється виконувати тільки після повної зупинки машини, вимкнення приводу, скидання тиску в системі та охолодження нагрітих елементів.

4.4 Вимоги безпеки до конструкції машини

Конструкція машини для ямкового ремонту повинна забезпечувати безпечну експлуатацію, зручність керування та мінімізацію впливу небезпечних факторів на обслуговувальний персонал. Усі рухомі частини приводу, ланцюгові, пасові та шестеренні передачі повинні бути закриті захисними кожухами. Бункер для ремонтної суміші має бути обладнаний надійним кріпленням, кришкою або захисною решіткою, що запобігає потраплянню

сторонніх предметів і випадковому контакту працівника з рухомими елементами подачі.

Система подачі ремонтної суміші повинна забезпечувати рівномірне та кероване надходження матеріалу в зону ремонту. Для запобігання аварійним ситуаціям необхідно передбачити запобіжні клапани, манометри, блокування при перевищенні допустимого тиску, а також пристрій аварійного вимкнення. Шланги, трубопроводи та з'єднання повинні витримувати робочий тиск і температуру, мати достатню міцність та бути захищені від механічних пошкоджень.

Робоче місце оператора повинно мати зручне розташування органів керування, добру оглядовість робочої зони, захист від випадкового контакту з гарячими поверхнями та можливість швидкого вимкнення обладнання. Органи керування мають бути промарковані, розташовані у доступних місцях і виключати випадкове вмикання. Нагріті поверхні, трубопроводи з гарячими матеріалами та елементи системи підігріву повинні мати теплоізоляцію або захисні екрани.

Для зниження рівня шуму та вібрації необхідно застосовувати амортизувальні опори, якісне балансування обертових частин, справні підшипникові вузли, шумоізолюючі кожухи та регулярне технічне обслуговування обладнання. Машина повинна бути укомплектована вогнегасником, аптечкою, противідкотними упорами, сигнальними засобами та комплектом інструменту для безпечного обслуговування.

4.5 Пожежна безпека

Під час експлуатації машини для ямкового ремонту існує підвищена пожежна небезпека, оскільки в роботі можуть використовуватися паливо, мастильні матеріали, бітумні в'яжучі та нагрівальні пристрої. Основними причинами виникнення пожежі можуть бути витік палива або мастила, перегрів елементів системи підігріву, коротке замикання електропроводки, порушення правил заправлення машини та необережне поводження з відкритим вогнем.

Заправлення машини паливом необхідно виконувати тільки при вимкненому двигуні та зупинених робочих механізмах. Забороняється палити, користуватися відкритим вогнем або виконувати зварювальні роботи поблизу місця заправлення, бітумного бака чи ємностей з паливом. У разі виявлення витікання палива, мастила або бітумної емульсії роботу необхідно негайно припинити до повного усунення несправності.

Електрообладнання машини повинно бути справним, із надійною ізоляцією проводів і захистом від короткого замикання. Нагрівальні елементи необхідно експлуатувати відповідно до інструкції виробника, не допускаючи перегріву матеріалу та роботи без контролю температури. У кабіні або на рамі машини повинен бути розміщений справний вогнегасник, доступ до якого не можна захаращувати інструментом чи матеріалами.

4.6 Екологічна безпека

Дорожньо-ремонтні роботи повинні виконуватися з урахуванням вимог екологічної безпеки. Під час роботи машини необхідно запобігати забрудненню ґрунту, води та повітря паливом, мастилами, бітумними матеріалами, пилом і залишками ремонтної суміші. Залишки матеріалів, відходи старого асфальтобетону, використані ганчірки та інші виробничі відходи необхідно збирати у спеціально відведені ємності та передавати на утилізацію або повторне використання.

Не допускається зливання залишків бітумної емульсії, палива чи мастильних матеріалів на узбіччя, у ґрунт або зливову каналізацію. У разі аварійного розливу необхідно негайно обмежити поширення забруднення, засипати місце розливу піском або іншим сорбентом, після чого зібрати забруднений матеріал для подальшої утилізації.

Зменшення негативного впливу машини на навколишнє середовище досягається підтриманням справного технічного стану двигуна, герметичністю паливної та гідравлічної систем, раціональним дозуванням ремонтної суміші,

технологічного процесу дозволяє забезпечити необхідну точність, якість поверхонь і надійність деталі під час експлуатації в умовах змінних навантажень.

У розділі з безпеки життєдіяльності проаналізовано основні небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час експлуатації машини для ямкового ремонту. Запропоновано заходи щодо безпечної організації дорожньо-ремонтних робіт, вимоги до конструкції машини, пожежної та екологічної безпеки. Дотримання цих вимог дозволяє знизити ризик травмування працівників, підвищити безпечність експлуатації обладнання та зменшити негативний вплив ремонтних робіт на навколишнє середовище.

У результаті виконання роботи обґрунтовано доцільність використання машини для ямкового ремонту з системою подачі ремонтної суміші. Запропоновані технічні рішення спрямовані на підвищення продуктивності дорожньо-ремонтних робіт, зменшення частки ручної праці, покращення якості заповнення вибоїн і раціональне використання ремонтного матеріалу. Розроблена машина може бути використана дорожніми, комунальними та ремонтними організаціями для оперативного усунення локальних пошкоджень асфальтобетонного покриття.

Висновки

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання розроблення машини для ямкового ремонту дорожнього покриття з системою подачі ремонтної суміші. Встановлено, що своєчасне усунення вибоїн, тріщин та інших локальних пошкоджень асфальтобетонного покриття є важливою умовою забезпечення безпечного руху транспортних засобів, зменшення подальшого руйнування дорожнього одягу та підвищення експлуатаційної надійності автомобільних доріг.

У першому розділі виконано аналіз транспортно-експлуатаційного стану дорожнього покриття, розглянуто основні причини виникнення пошкоджень та обґрунтовано доцільність застосування ямкового ремонту як найбільш поширеного способу локального відновлення асфальтобетонних покриттів. Проведений огляд дорожньо-ремонтних машин показав, що перспективним напрямом розвитку такої техніки є створення мобільних машин із механізованою та регульованою системою подачі ремонтної суміші.

У другому розділі виконано розрахунок основних параметрів обладнання машини. Проведено кінематичний розрахунок приводу виконавчих механізмів, розраховано параметри гвинтового конвеєра, продуктивність компресора та потужність приводу шнекового конвеєра. Отримані результати підтверджують можливість забезпечення необхідної продуктивності системи подачі ремонтної суміші та працездатність прийнятих конструктивних рішень.

У технологічній частині розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення деталі типу «палець», яка входить до складу вузлів машини. Обґрунтовано вибір матеріалу, заготовки, припусків на механічну обробку, обладнання, інструменту та пристосувань. Запропонований маршрут

зменшенням втрат матеріалу під час подачі та використанням сучасних технологій локального ремонту.

Список літератури

1. Кузенко Л. М. Дорожньо-будівельні машини : навчальний посібник / Л. М. Кузенко, Д. В. Кузенко, З. З. Вантух, Я. Й. Панюра. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2021. 236 с.
2. Вольтерс О. Ю. Машини і механізми міського господарства : навчальний посібник / О. Ю. Вольтерс, Л. Є. Пелевін, М. О. Пристайло. Київ : КНУБА, 2017. 268 с.
3. Лівінський О. М. Будівельні машини та обладнання : підручник / О. М. Лівінський, О. М. Пшінько, М. В. Савицький, О. І. Курок та ін. Київ : Українська академія наук ; МП «Леся», 2015. 612 с.
4. Палій В. П. Будівельна техніка : навчальний посібник / В. П. Палій, І. М. Малик. Київ : Аграрна освіта, 2009. 254 с.
5. Баладінський В. Л. Будівельна техніка : навчальний посібник / В. Л. Баладінський, О. М. Лівінський, Л. А. Хмара та ін. Київ : Либідь, 2001. 368 с.
6. Григоров О. В. Гідравлічний привід підйомно-транспортних, будівельних та дорожніх машин : навчальний посібник / О. В. Григоров. Харків : НТУ «ХПІ», 2003. 264 с.
7. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини : навчальний посібник / О. В. Григоров, Н. О. Петренко. Харків : НТУ «ХПІ», 2006. 304 с.
8. Григоров О. В. Металеві конструкції підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин : навчальний посібник / О. В. Григоров, Г. О. Аніщенко, Н. О. Петренко. Харків : НТУ «ХПІ», 2011. 516 с.
9. Кашканов А. А. Експлуатація та обслуговування транспортних машин : навчальний посібник / А. А. Кашканов, В. В. Біліченко. Вінниця : ВНТУ, 2004. 136 с.
10. Кашканов А. А. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних

доріг та міських вулиць : навчальний посібник / А. А. Кашканов, В. А. Кашканов, В. П. Кужель. Вінниця : ВНТУ, 2017. 113 с.

11. Степура В. С. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів : навчальний посібник / В. С. Степура, А. О. Бєлятинський, Н. В. Кужель. Київ : НАУ, 2013. 204 с.

12. Савенко В. Я. Транспортно-експлуатаційні властивості автомобільних доріг : навчальний посібник / В. Я. Савенко, В. В. Губа. Донецьк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. 229 с.

13. Притоманов В. В. Зелена книга. Будівництво та ремонт автомобільних доріг / В. В. Притоманов, З. Н. Мельник, А. В. Шляхетко. Київ : Офіс ефективного регулювання BRDO, 2020. 120 с.

14. Збірник схем операційного контролю якості ремонтно-будівельних робіт та робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг / В. М. Нагайчук та ін. Київ : Укравтодор, 2014. 172 с.

15. Шимчук О. П. Застосування технології холодного ресайклінгу для ремонту асфальтобетонних дорожніх покриттів / О. П. Шимчук, О. В. Андрійчук, Л. О. Талах // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві : збірник наукових праць. 2018. Вип. 9. С. 174–181.

16. Гамеляк І. П. Особливості технології підсилення дорожніх покриттів шарами цементобетону / І. П. Гамеляк, А. М. Дмитриченко, В. М. Нагайчук, В. Ф. Райковський, М. М. Биковець // Дороги і мости. 2020. Вип. 22. С. 63–78.

17. Як зробити якісний ямковий ремонт? // Кременчуцький завод дорожніх машин. 2018. URL: https://kredmash.com/ua/blog/kak-sdelat-kachestvennyy-yamochnyy-remont

18. Ямковий ремонт: деякі нюанси // Ital Machinery. 2023. URL: https://www.italmachinery.com.ua/blog-detay/yamkovij-remont-deyaki-nyuansi.html

19. Техніка для ремонту доріг // TDC. URL: https://tdc.ua/spectehnika/tehnika-dlya-remontu-dorig