МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технологічного процесу щоденного технічного обслуговування вантажних автомобілів з розробкою установки для зовнішнього миття»

Виконав: студент _4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Діденко Богдан Леонідович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Петриченко Є.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Діденку Богдану Леонідовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технологічного процесу щоденного технічного обслуговування вантажних автомобілів з розробкою установки для зовнішнього миття»
керівник проекту Петриченко Євгеній Анатолійович, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: аналіз існуючої організації зовнішнього миття автомобілів; технологічний процес щоденного обслуговування з використанням установки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; організаційна структура управління підприємством; організація виробничого процесу щоденного обслуговування автомобілів марок ГАЗ-53 і ЗІЛ-130; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Технологічні основи ремонту (відновлення) конструктивних елементів машин	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічний розділ	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент _____ Діденко Б.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Петриченко Є.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ 5
1.1 Значення щоденного технічного обслуговування вантажних автомобілів 5
1.2 Аналіз існуючої організації зовнішнього миття автомобілів 6
1.3 Обґрунтування необхідності розробки установки для зовнішнього миття 7
1.4 Технологічний процес щоденного обслуговування з використанням установки 9
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 11
2.1 Розрахунок кількості технічних обслуговувань і ремонтів 11
2.2 Розрахунок необхідної кількості працівників 16
2.3 Організаційна структура управління підприємством 19
2.4 Організація виробничого процесу щоденного обслуговування автомобілів марок ГАЗ-53 і ЗІЛ-130 20
2.5 Опис конструкції та принципу роботи запропонованого устаткування 23
2.6 Розрахунок основних параметрів технологічного устаткування 24
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 39
3.1 Загальні вимоги безпеки під час щоденного технічного обслуговування 39
3.2 Вимоги до мийного поста 39
3.3 Безпечна експлуатація установки для зовнішнього миття 40
3.4 Екологічна безпека мийного поста 41
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 43
4.1 Мета техніко-економічного обґрунтування 43
4.2 Розрахунок капітальних вкладень 43
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат 44
4.4 Розрахунок річного економічного ефекту 45
4.5 Строк окупності установки 45
ВИСНОВОК 47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 48

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Значення щоденного технічного обслуговування вантажних автомобілів

Щоденне технічне обслуговування вантажних автомобілів є початковою та обов'язковою ланкою системи підтримання рухомого складу в працездатному стані. Його основна мета полягає у своєчасному виявленні зовнішніх пошкоджень, перевірці комплектності автомобіля, контролі стану основних систем, забезпеченні чистоти кузова, кабіни, ходової частини та елементів, які впливають на безпеку руху. Відповідно до чинного Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів, система технічного обслуговування передбачає виконання комплексу операцій, спрямованих на підтримання справного технічного стану автомобілів у процесі експлуатації [1]. Нормативні вимоги до безпечності технічного стану колісних транспортних засобів також визначаються ДСТУ 3649:2010, який установлює вимоги щодо безпечності та методи контролювання технічного стану транспортних засобів, що перебувають в експлуатації [2].

Для вантажних автомобілів щоденне обслуговування має особливе значення, оскільки вони працюють у складних дорожніх, виробничих і кліматичних умовах. Під час перевезення вантажів транспортні засоби забруднюються пилом, ґрунтом, паливно-мастильними матеріалами, залишками технологічних матеріалів, дорожніми реагентами та атмосферними опадами. Накопичення забруднень ускладнює візуальний огляд, прискорює корозійне руйнування металевих поверхонь, погіршує тепловідведення від окремих вузлів і може спричинити передчасне зношування деталей.

До основних операцій щоденного технічного обслуговування вантажного автомобіля належать:

– зовнішній огляд автомобіля перед виїздом і після повернення;

– перевірка наявності витоків палива, оливи, охолоджувальної та гальмівної рідини;

– контроль стану шин, коліс, освітлювальних приладів, дзеркал, номерних знаків;

– перевірка роботи гальмівної системи, рульового керування, сигналізації;

– очищення кабіни, платформи, підніжок, скла, фар і дзеркал;

– зовнішнє миття автомобіля;

– за потреби — дозаправлення експлуатаційними рідинами.

Зовнішнє миття є важливою частиною щоденного технічного обслуговування, оскільки без очищення поверхонь неможливо якісно оцінити стан рами, підвіски, елементів гальмівної системи, кріплень, ресор, амортизаторів, карданної передачі та агрегатів трансмісії. Особливо це важливо для автомобілів, що працюють на ґрунтових дорогах, будівельних майданчиках, у сільському господарстві або на перевезенні сипких матеріалів.

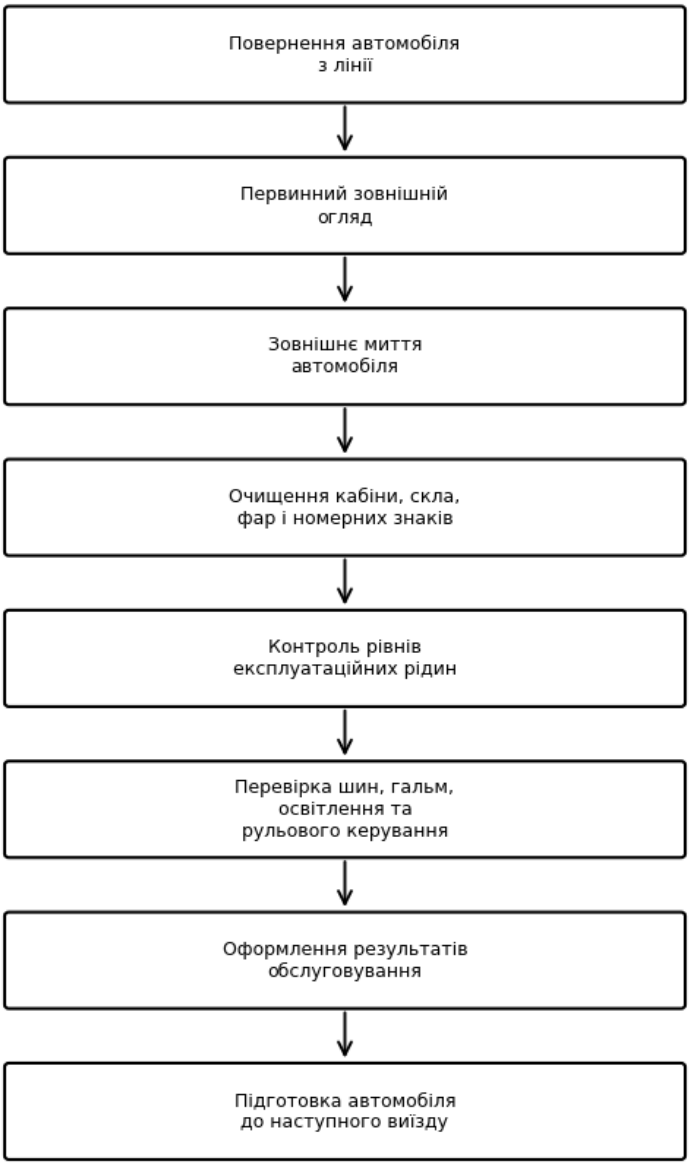


Рисунок 1.1 – Загальна схема щоденного технічного обслуговування вантажного автомобіля

1.2 Аналіз існуючої організації зовнішнього миття автомобілів

На багатьох автотранспортних підприємствах зовнішнє миття вантажних автомобілів виконується вручну або з використанням переносних апаратів високого тиску.

Така організація робіт є простою, однак має низку істотних недоліків. По-перше, вона потребує значних витрат ручної праці. По-друге, якість миття залежить від кваліфікації та уважності працівника. По-третє, у разі відсутності локального очищення стічних вод підприємство може створювати додаткове екологічне навантаження на систему водовідведення.

Під час миття вантажних автомобілів утворюються стічні води, забруднені частинками ґрунту, піску, мастила, залишками палива та мийних засобів. Тому мийний пост доцільно обладнувати системою збору, відстоювання та фільтрації води. Проєктування водовідведення має враховувати вимоги будівельних норм до систем каналізації та споруд водовідведення [6]. Дотримання екологічних вимог також узгоджується з підходами систем екологічного управління, зокрема ISO 14001:2015, який визначає вимоги до організації системного управління впливами підприємства на довкілля [12].

Недоліки ручного або маломеханізованого миття:

- значна тривалість операції;
- підвищені витрати води;
- нерівномірна якість очищення;
- збільшене фізичне навантаження на працівника;
- ризик ковзання на мокрій підлозі;
- потрапляння аерозолю, бруду та мийних засобів на працівника;
- недостатнє очищення важкодоступних зон рами, колісних арок і нижньої частини автомобіля.

З огляду на це доцільним є удосконалення технологічного процесу щоденного технічного обслуговування шляхом розробки установки для зовнішнього миття вантажних автомобілів. Така установка повинна забезпечувати механізовану подачу води під тиском, можливість нанесення мийного розчину, очищення найбільш забруднених зон автомобіля та відведення стічної води до системи попереднього очищення.

1.3 Обґрунтування необхідності розробки установки для зовнішнього миття

Розробка установки для зовнішнього миття вантажних автомобілів зумовлена необхідністю підвищення продуктивності щоденного технічного обслуговування, зменшення трудомісткості робіт і покращення санітарно-гігієнічних умов праці.

Установка повинна бути придатною для використання на автотранспортному підприємстві, у ремонтній майстерні або на дільниці щоденного обслуговування машин.

Основні вимоги до установки:

– забезпечення якісного очищення кабіни, кузова, рами, коліс, бризковиків і нижньої частини автомобіля;

– зменшення витрат води порівняно з ручним миттям;

– можливість багаторазового використання частини води після попереднього очищення;

– безпечність експлуатації для працівника;

– простота конструкції та можливість виготовлення в умовах ремонтної майстерні;

– ремонтопридатність основних вузлів;

– стійкість до вологи, корозії та дії мийних речовин;

– відповідність вимогам охорони праці, електробезпеки та екологічної безпеки.

Запропонована установка може складатися з металевої рами, насоса високого тиску, системи трубопроводів, форсунок, бака для води, ємності для мийного розчину, фільтра грубого очищення, відстійника, електродвигуна, пульта керування та захисних кожухів. Для підвищення ефективності миття доцільно передбачити кілька зон подачі води: бокову, фронтальну, нижню та зону обмивання коліс.

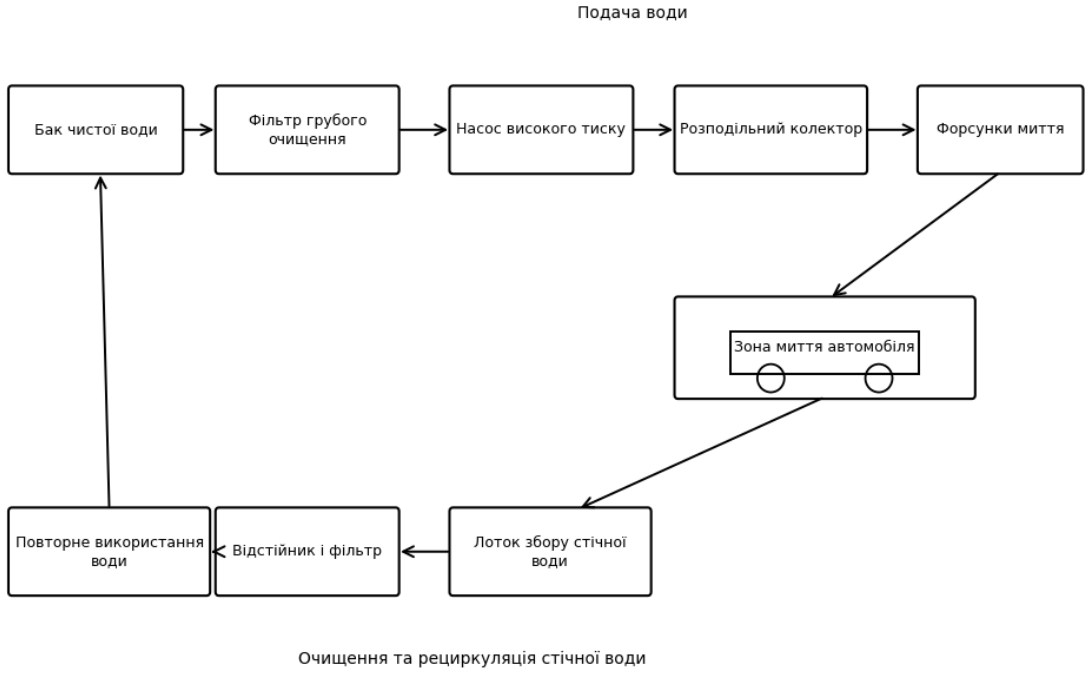


Рисунок 1.2 – Принципова схема установки для зовнішнього миття вантажних автомобілів

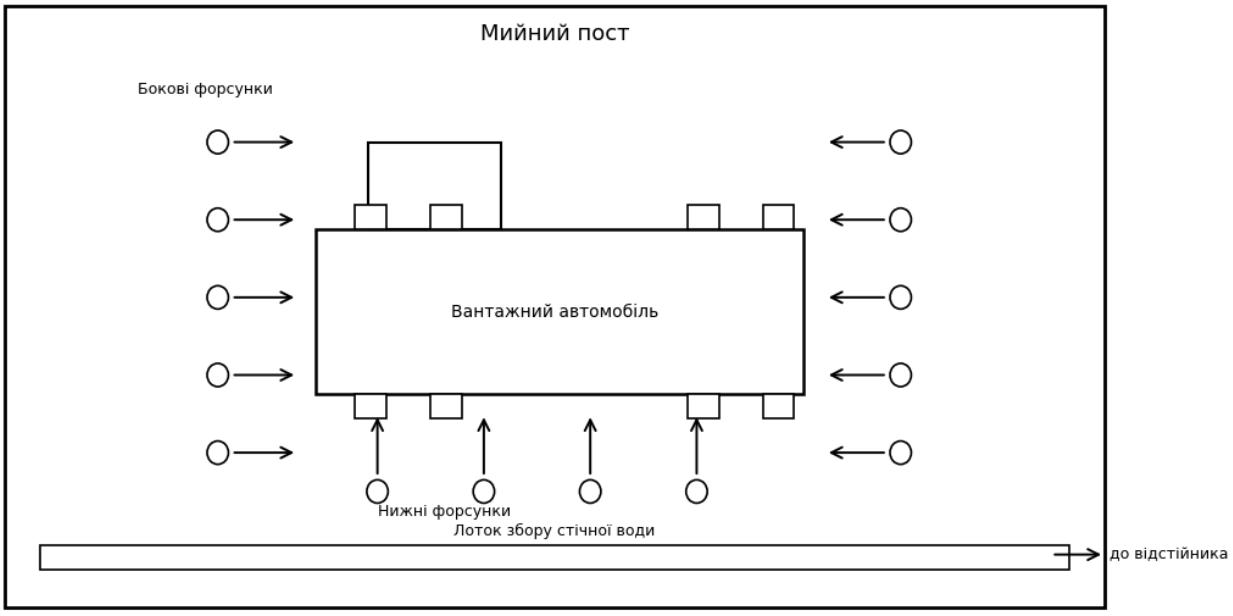


Рисунок 1.3 – Рекомендоване розміщення автомобіля на мийному посту

1.4 Технологічний процес щоденного обслуговування з використанням установки

Удосконалений технологічний процес щоденного технічного обслуговування вантажного автомобіля передбачає поєднання контрольних, прибирально-мийних і підготовчих операцій. Після повернення автомобіля з лінії водій або відповідальний працівник проводить первинний огляд транспортного засобу. Далі автомобіль подається на мийний пост, де встановлюється в робоче положення. Перед початком миття двигун вимикають, автомобіль фіксують стоянковим гальмом, а працівник перевіряє справність обладнання.

Послідовність виконання зовнішнього миття:

1. Автомобіль встановлюють на мийний пост.
2. Працівник оглядає автомобіль і визначає найбільш забруднені ділянки.
3. Вмикають насос і систему подачі води.
4. Попередньо змивають крупні забруднення з кузова, рами та коліс.
5. За потреби наносять мийний розчин.
6. Виконують основне миття під тиском.
7. Промивають нижню частину автомобіля та колісні арки.
8. Змивають залишки мийного засобу чистою водою.
9. Відводять стічну воду до відстійника й фільтра.
10. Після миття проводять зовнішній огляд автомобіля та оформлюють результати обслуговування.

Таблиця 1.1 – Орієнтовна структура операцій щоденного технічного обслуговування

№	Операція	Зміст робіт	Орієнтовна тривалість, хв
1	Приймання автомобіля	Огляд після повернення з рейсу	5
2	Підготовка до миття	Встановлення на пост, фіксація автомобіля	3
3	Попереднє обмивання	Змивання крупних забруднень	5
4	Основне миття	Очищення кабіни, кузова, коліс, рами	10
5	Промивання нижньої частини	Очищення рами, підвіски, колісних арок	5
6	Заключне ополіскування	Видалення залишків мийного засобу	4
7	Контрольний огляд	Виявлення дефектів, витоків, пошкоджень	6
8	Оформлення результатів	Запис у журнал обслуговування	2
Разом			40

Запровадження установки дозволяє скоротити час миття, підвищити стабільність якості очищення, зменшити витрати води та покращити умови праці працівників. Крім того, чистий автомобіль легше оглядати, що підвищує ймовірність своєчасного виявлення несправностей, особливо витоків експлуатаційних рідин, пошкодження трубопроводів, ослаблення кріплень, дефектів шин і підвіски.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок кількості технічних обслуговувань і ремонтів

Кількість технічних обслуговувань та ремонтних робіт для одного автомобіля визначається за допомогою відповідних розрахункових формул:

$$N_{\text{к}} = \frac{L_{\text{к}}}{L_{\text{ц}}} = 1 \tag{2.1}$$

$$N_2 = \frac{L_{\text{к}}}{L_2} - N_{\text{к}} \tag{2.2}$$

$$N_1 = \frac{L_{\text{к}}}{L_1} - (N_{\text{к}} - N_2) \tag{2.3}$$

$$N_{\text{ЕО}} = \frac{L_{\text{к}}}{L_{\text{ЕО}}} = \frac{L_{\text{к}}}{L_{\text{сс}}} \tag{2.4}$$

де $L_{\text{ц}}$ – пробіг автомобіля від початку експлуатації до проведення капітального ремонту, км;

$N_{\text{к}}$, N_2, N_1, $N_{\text{ЕО}}$ – відповідно кількість капітальних ремонтів, технічних обслуговувань другого та першого рівнів, а також експлуатаційних (щоденних) обслуговувань автомобіля.

$$N_2 = \frac{171360}{9520} - 1 = 17$$

$$N_1 = \frac{171360}{2380} - (1 + 17) = 54$$

$$N_{\text{ЕО}} = \frac{171360}{170} = 1008$$

Порівнюючи річний пробіг автомобіля з пробігом за один експлуатаційний цикл, можна встановити, що річне значення може бути як меншим, так і більшим за цикловий пробіг. Проте виробнича програма автотранспортного підприємства, як правило, визначається на річний період.

У нашому випадку кількість технічних обслуговувань і ремонтів автомобілів необхідно розрахувати саме за рік, використовуючи спеціальний коефіцієнт переходу від циклових показників до річних.

Для цього спочатку визначають коефіцієнт технічної готовності рухомого складу a_m, після чого розраховують коефіцієнт переходу. Значення коефіцієнта технічної готовності автомобіля визначається за наступною формулою:

$$a_m = \frac{Д_{\text{е.ц}}}{Д_{\text{е.ц}} + Д_{\text{р.ц}}} \tag{2.5}$$

де $Д_{е.ц}$ – тривалість експлуатації автомобіля протягом одного циклу роботи, діб.

$$Д_{е.ц} = \frac{L_к}{L_{сс}} \quad (2.6)$$

де $Д_{р.ц}$ – тривалість простою автомобіля протягом одного циклу, пов'язана з виконанням технічного обслуговування та ремонтних робіт, діб.

$$Д_{р.ц} = Д_к + Д_{ТО-ТР}\frac{L_к}{1000} \cdot К_4 \quad (2.7)$$

де $Д_к$ – тривалість простою автомобіля під час виконання капітального ремонту, діб;

$Д_{ТО-ТР}$ – тривалість простою автомобіля при проведенні технічного обслуговування та поточного ремонту в розрахунку на 1000 км пробігу, діб;

$К_4$ – коефіцієнт, що враховує залежність між загальним пробігом автомобіля з початку експлуатації та тривалістю вимушеного простою під час виконання поточного ремонту.

$$К_4 = \frac{К_{4н} \cdot А_н + К_{4кр} \cdot А_{кр}}{А_{сп}} \quad (2.8)$$

де $К_{4н}$, $К_{4кр}$ – коефіцієнти коригування, що застосовуються відповідно для нових автомобілів та транспортних засобів, які пройшли капітальний ремонт.

$$К_{4н} = 0{,}7, К_{4н} = 1{,}3$$

$$К_4 = \frac{0{,}7 \cdot 20 + 1{,}3 \cdot 46}{66} = 1{,}12$$

Значення питомого простою автомобіля під час виконання технічного обслуговування другого рівня та поточного ремонту $Д_{ТО-ТР}$, а також тривалість простою під час проведення капітального ремонту Дк, приймаються згідно з нормативними даними.

Для подальших розрахунків приймаємо: $Д_{ТО-ТР} = 0{,}5\frac{дн}{1000}$ км, $Д_к = 15$ діб.

Після визначення коефіцієнта $К_4$ за формулою (1.10) обчислюють загальну кількість днів простою автомобіля, пов'язаних із виконанням технічного обслуговування та ремонтних робіт протягом одного експлуатаційного циклу

$$Д_{р.ц} = 15 + 0{,}4\frac{171360}{1000} \cdot 1{,}12 = 91{,}8$$

Тривалість експлуатації автомобіля протягом одного циклу визначається за формулою (2.7).

$$Д_{е.ц} = \frac{171360}{170} = 1008 \text{ днів}$$

За відомими значеннями параметрів $Д_{р.ц}$ та $Д_{е.ц}$, використовуючи формулу (2.6),

визначаємо коефіцієнт технічної готовності автомобіля.

$$a_m = \frac{1008}{1008 + 91{,}8} = 0{,}92$$

На основі значення коефіцієнта технічної готовності a_m, кількості робочих днів автотранспортного підприємства протягом року $Д_{рг}$ та середньодобового пробігу автомобіля $L_{сс}$ визначається річний пробіг транспортного засобу за наступною формулою:

$$L_г = Д_{рг} \cdot a_m \cdot L_{сс} \quad (2.9)$$

$$L_а = 254 \cdot 0{,}92 \cdot 170 = 39726 \text{ км}$$

Співвідношення між експлуатаційним циклом автомобіля та річним періодом його роботи визначається за допомогою відповідного коефіцієнта переходу:

$$\eta_г = \frac{L_г}{L_к} \quad (2.10)$$

$$\eta_а = \frac{39726}{171360} = 0{,}232$$

Кількість днів, протягом яких один автомобіль перебуває в експлуатації протягом року, визначається за відповідною формулою:

$$N_{ЕО_г} = N_{ЕО} \cdot \eta_г \quad (2.11)$$

$$N_{1г} = N_1 \cdot \eta_г \quad (2.12)$$

$$N_{2г} = N_2 \cdot \eta_г \quad (2.13)$$

$$N_{ЕО_г} = 1008 \cdot 0{,}232 = 234$$

$$N_{1г} = 54 \cdot 0{,}232 = 13$$

$$N_{2г} = 17 \cdot 0{,}232 = 4$$

Для визначення річної програми технічного обслуговування автомобілів отримані розрахункові значення необхідно помножити на облікову кількість автомобілів, що знаходяться на балансі автотранспортного підприємства.

$$\sum N_{ЕО_г} = N_{ЕО_г} \cdot А_{сп} \quad (2.14)$$

$$\sum N_{1г} = N_{1г} \cdot А_{сп} \quad (2.15)$$

$$\sum N_{2г} = N_{2г} \cdot А_{сп} \quad (2.15)$$

$$\sum N_{ЕО_г} = 234 \cdot 66 = 15444$$

$$\sum N_{1г} = 13 \cdot 66 = 858$$

$$\sum N_{2г} = 4 \cdot 66 = 264$$

Визначення сумарної трудомісткості основних видів технічного обслуговування:

$$t_1 = t_{1н} \cdot K_2 \cdot K_5 \quad (2.16)$$

$$t_2 = t_{2н} \cdot K_2 \cdot K_5 \quad (2.17)$$

$$t_{EO} = t_{EO_н} \cdot K_2 \cdot K_5 \quad (2.18)$$

де $t_{1н}$, $t_{2н}$, $t_{EO_н}$ – нормативні значення трудомісткості виконання робіт відповідно для одного щоденного обслуговування (ЕО), технічного обслуговування першого рівня (ТО-1) та другого рівня (ТО-2);

K_5 – коефіцієнт, що враховує кількість автомобілів, які експлуатуються на даному автотранспортному підприємстві.

Для подальших розрахунків приймаємо: $t_{1н} = 2{,}2$, $t_{2н} = 9{,}1$, $t_{EO_н} = 0{,}42$, $K_2 = 1{,}0$, $K_5 = 1{,}15$ [1].

$$t_1 = 2{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}15 = 2{,}53$$

$$t_2 = 9{,}1 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}15 = 10{,}47$$

$$t_{EO} = 0{,}42 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}15 = 0{,}48$$

За відповідною розрахунковою формулою визначаємо нормативне значення питомої трудомісткості поточного ремонту $t_{ТР}$, яке виражається у людино-годинах на 1000 км пробігу автомобіля.

$$t_{ТР} = t_{ТР} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (2.19)$$

де $t_{ТР_н}$ – нормативне значення питомої трудомісткості поточного ремонту;

$t_{ТР_н} = 3{,}7$ люд.-год/1000 км [1];

K_1, $К_2$, $К_3$, $К_5$ – коефіцієнти, що використовуються для коригування значення трудомісткості. Приймаємо: $К_1 = 1{,}2, К_2 = 1{,}0, К_3 = 1{,}0, К_5 = 1{,}15$ [1];

$К_4$ – коефіцієнт, який враховує зміну трудомісткості поточного ремонту залежно від загального пробігу автомобіля з початку його експлуатації.

$$К_4 = \frac{К_{4н} \cdot А_н + К_{4кр} \cdot А_{кр}}{А_{сп}} \quad (2.20)$$

де $К_{4н}$ та $К_{4кр}$ – коефіцієнти коригування, що застосовуються відповідно для нових автомобілів та транспортних засобів, які пройшли капітальний ремонт.

$$К_{4н} = 0{,}4, К_{4кр} = 1{,}6$$

$$К_4 = \frac{0{,}4 \cdot 20 + 1{,}6 \cdot 46}{66} = 1{,}24$$

Трудомісткість поточного ремонту визначається за формулою (1.23) з урахуванням

значення коефіцієнта $К_4$:

$$t_{\text{ТР}} = 3{,}7 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}15 = 6{,}33 \text{ люд.-год/1000 км}$$

Отже, отримане значення питомої трудомісткості поточного ремонту становить 6,33 люд.-год на 1000 км пробігу автомобіля.

Для визначення річного обсягу робіт за окремими видами технічного обслуговування та ремонту автомобілів використовуються відповідні розрахункові формули. Вони дозволяють встановити загальну трудомісткість робіт з технічного обслуговування (ЕО, ТО-1, ТО-2) та поточного ремонту протягом року.

$$\text{Т}_{\text{ЕО}_\text{г}} = \sum N_{\text{ЕО}_\text{г}} \cdot t_{\text{ЕО}} \quad (2.21)$$

$$\text{Т}_{1\text{г}} = \sum N_{1\text{г}} \cdot t_1 \quad (2.22)$$

$$\text{Т}_{2\text{г}} = \sum N_{2\text{г}} \cdot t_1 \quad (2.23)$$

$$\text{Т}_{\text{ТР}_\text{г}} = \frac{L_\text{г}}{1000} t_{\text{ТР}} \cdot \text{А}_{\text{сп}} \quad (2.24)$$

$$\text{Т}_{\text{ЕО}_\text{г}} = 15444 \cdot 0{,}48 = 7413{,}1$$

$$\text{Т}_{1\text{г}} = 858 \cdot 2{,}53 = 2170{,}7$$

$$\text{Т}_{2\text{г}} = 264 \cdot 10{,}47 = 2764{,}1$$

$$\text{Т}_{\text{ТР}_\text{г}} = \frac{39/26}{1000} 6{,}33 \cdot 66 = 16596{,}7$$

Як правило, під час виконання розрахунків трудомісткість сезонного технічного обслуговування не враховується, оскільки її величина є незначною і практично не впливає на загальний обсяг робіт.

На автотранспортних підприємствах програма робіт з технічної експлуатації та ремонту автомобілів формується залежно від марки транспортних засобів, умов їх використання, інтенсивності експлуатації, а також рівня механізації й автоматизації виробничих процесів.

Крім основних робіт, пов’язаних із технічним обслуговуванням і ремонтом рухомого складу, на підприємстві виконується комплекс допоміжних робіт із самообслуговування. До них належать роботи з технічного обслуговування та ремонту виробничого обладнання і технологічного оснащення (верстатного, енергетичного, силового та іншого), виконання будівельно-ремонтних робіт, обслуговування інженерних мереж, зокрема водопроводів, а також утримання виробничих приміщень і споруд.

Обсяг робіт із самообслуговування підприємства, як правило, визначають у відсотковому співвідношенні від сумарної трудомісткості робіт з технічного

обслуговування та ремонту автомобільного парку.

$$Т_{сам} = (Т_{ЕО_г} + Т_{1г} + Т_{2г} + Т_{ТР_г}) \frac{К_с}{100} \quad (2.25)$$

де $К_с$ – коефіцієнт, що характеризує обсяг робіт, пов'язаних із самообслуговуванням підприємства $К_с = 15\%$.

$$Т_{сам} = (7413,1 + 2170,7 + 2764,1 + 16596,7) \frac{15}{100} = 4341,7$$

У результаті загальна трудомісткість усіх видів робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту, з урахуванням робіт із самообслуговування автотранспортного підприємства, визначається за відповідною формулою:

$$Т_г = Т_{ЕО_г} + +Т_{1г} + Т_{2г} + Т_{ТР_г} + Т_{сам} \quad (2.26)$$

$$Т_г = 7413,1 + 2170,7 + 2764,1 + 16596,7 + 4341,7 = 33286,3.$$

2.2 Розрахунок необхідної кількості працівників

На автотранспортному підприємстві виробничий персонал поділяється на дві основні категорії: явочну та штатну. Явочна чисельність визначає кількість працівників, які безпосередньо беруть участь у виконанні робіт з технічного обслуговування і ремонту автомобілів у конкретний момент часу. Штатна чисельність враховує повний склад працівників підприємства, включаючи можливі відпустки, лікарняні та інші причини тимчасової відсутності персоналу.

Необхідна кількість робітників для виконання робіт з технічного обслуговування автомобілів визначається за відповідною розрахунковою формулою:

$$Р_я = \frac{Т_г}{Ф_м} \quad (2.27)$$

де $Ф_м$ – річний фонд робочого часу одного робочого місця або технологічно необхідного працівника, год.

$$Ф_м = (Д_{кг} - Д_в - Д_n) \cdot 7 - Д_{пп} \cdot 6 \quad (2.28)$$

де $Д_{кг}$ – загальна кількість календарних днів у році;

$Д_в$ – кількість вихідних днів протягом року;

$Д_n$ – кількість святкових днів у році;

$Д_{пп}$ – кількість передсвяткових і скорочених робочих днів.

Для подальших розрахунків приймаємо: $Д_{кг} = 365$ днів, $Д_в = 52$ дні, $Д_n = 8$ днів, $Д_{пп} = 10$ днів [2].

$$Ф_м = (365 - 52 - 8) \cdot 7 - 10 \cdot 6 = 2075 \text{ год}$$

Потрібну кількість технологічних працівників визначаємо за формулою (2.27).

$$Р_{я} = \frac{33286,3}{2075} = 16 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість штатних працівників $Р_{ш}$, осіб, визначається за відповідною розрахунковою формулою:

$$Р_{ш} = \frac{Т_{г}}{Ф_{р}} \quad (2.29)$$

де $Ф_{р}$ – річний фонд робочого часу одного штатного працівника, год.

$$Ф_{р} = Ф_{м} - (Д_{от} + Д_{уп}) \cdot 7 \quad (2.30)$$

де $Д_{от}$ – тривалість відпустки, встановлена для працівників відповідної професії, діб;

$Д_{уп}$ – кількість днів відсутності працівника на роботі з поважних причин.

Для подальших розрахунків приймаємо: $Д_{уп} = 17$ днів [2], $Д_{от} = 18$ днів [3].

$$Ф_{р} = 2075 - (18 + 17)7 = 1830 \text{ год}$$

Загальна чисельність штатних працівників визначається за формулою (2.29).

$$Р_{ш} = \frac{33286,3}{1830} = 18 \text{ чол.}$$

Коефіцієнт штатної чисельності:

$$\eta_{шт} = \frac{Ф_{р}}{Ф_{м}} \quad (2.31)$$

$$\eta_{шт} = \frac{1830}{2075} = 0,88$$

Аналогічні розрахунки основних показників виробничої програми виконуються також для автомобілів марок ЗІЛ-130, МАЗ-500 та КрАЗ-257. Отримані результати розрахунків наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати визначення виробничої програми.

Найменування і позначення показників	ГАЗ-53	ЗІЛ-130	МАЗ-500	КРАЗ-257
1	2	3	4	5
Періодичність ТО, км. ТО-1, L1 ТО-2, L2 ТР, Lк	 2350 9550 17560	 2500 10500 22500	 2500 10500 18500	 2500 9500 17500
Програма за рік ЕО, Уneог ТО-1, Уn1г ТО-2, Уn2г	 15454 855 265	 10548 558 152	 12537 550 155	 13551 659 235
Трудомісткість ТО-1, t1, . ТО-2, t2, . ЕО, tЕО, . ТР, tТР, ./1000 км.	 2,55 15,47 0,58 6,53	 3,51 15,42 0,55 6,51	 3,51 15,57 0,55 9,59	 4,53 165 0,55 9,55
Обєм робіт з один рік, . ЕО, Теог ТО-1, Т1г ТО-2, Т2г ТР, Ттрг Тсам	 7453,1 2150,7 2754,1 16556,7 4351,7	 5651,0 1652,1 2385,6 11538,5 3510,9	 4258,0 2572,3 2553,3 17592,1 3595,4	 7536,4 2515,5 3950,8 20573,5 5257,4
Загальна трудомісткість усіх різновидів робіт, Тг, .	33286,3	24617,1	30631,1	40383,6
Фонд з рік часу робочого місця або технічно потрібьного робочого, Фм, ч	2575	2575	2575	2575
Кількість технічно потрібних робочих, Ря, чіл.	15	15	55	15
Фонд за рік часу штатного робочого, Фр, ч	1830	1530	1830	1830
Загальна кількість робочих, Рш, чіл.	18	15	15	25

2.3 Організаційна структура управління підприємством

Загальне управління автотранспортним підприємством здійснює голова правління, у підпорядкуванні якого знаходяться основні виробничі ресурси підприємства. До його функцій належать організація роботи підприємства, підбір і розстановка кадрів, контроль діяльності виробничих підрозділів, а також забезпечення дотримання фінансової дисципліни.

Головний інженер відповідає за технічний стан рухомого складу та виробничого обладнання, розвиток технічної бази підприємства, організацію своєчасного матеріально-технічного забезпечення, а також формування виробничого та інженерно-технічного персоналу. Крім того, він контролює використання матеріальних ресурсів підприємства.

На автотранспортному підприємстві функціонує відділ технічного обслуговування і ремонту, або центр управління виробництвом (ЦУВ). Основними його завданнями є планування та оперативне керування виробничими процесами. Виробничі підрозділи виконують роботи з технічного обслуговування і ремонту агрегатів та вузлів автомобілів, а також виготовлення окремих деталей.

Забезпечення виробничих підрозділів необхідними запасними частинами та матеріалами здійснюють бригади підготовки виробництва. Доставку матеріалів і комплектуючих на робочі місця організовують за допомогою внутрішнього транспорту підприємства.

Планово-технічний відділ (ПТВ) займається розробкою планів розвитку виробництва, впровадженням нових технологій і сучасного обладнання, удосконаленням організації праці, вирішенням питань охорони праці та техніки безпеки, а також підвищенням кваліфікації виробничого та інженерного персоналу. Начальник ПТВ, згідно з організаційною структурою підприємства, є першим заступником головного інженера.

Відділ головного механіка (ВГМ) відповідає за підтримання в належному технічному стані будівель, виробничих споруд та енергосилового господарства підприємства. До його функцій також належать технічне обслуговування і ремонт технологічного обладнання, виробничого устаткування, різального та вимірювального інструменту.

Відділ технічного постачання (ВТП) організовує забезпечення підприємства необхідними матеріалами, запасними частинами, агрегатами та обладнанням. До його складу входять агенти із постачання, техніки, завідувачі складами та комірники.

Контроль якості виконаних робіт усіма підрозділами підприємства здійснює відділ технічного контролю (ВТК). Його працівники контролюють технічний стан автомобілів під час їх випуску на лінію та приймання з експлуатації, а також аналізують причини виникнення несправностей транспортних засобів. ВТК, як і інші підрозділи технічної служби, підпорядковується головному інженеру підприємства.

2.4 Організація виробничого процесу щоденного обслуговування автомобілів марок ГАЗ-53 і ЗІЛ-130

2.4.1 Розрахунок кількості робочих місць у зоні технічного обслуговування

Кількість робочих місць у зоні технічного обслуговування визначається за наступною розрахунковою залежністю:

$$m = \frac{\sum T_{ЕО_г}}{F_Д \cdot \eta_{зо}} \quad (2.32)$$

Де $T_{ЕО_г}$ – сумарний річний обсяг робіт з технічного обслуговування автомобілів ГАЗ-53 і ЗІЛ-130, люд.-год;

$$T_{ЕО_г} = 13054 \text{ люд.-год};$$

$F_Д$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$$F_Д = 2030 \text{ год};$$

$\eta_{зо}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$$\eta_{зо} = 0{,}8 \text{ [12]}.$$

$$m = \frac{13054}{2030 \cdot 0{,}8} = 8{,}04$$

Приймаємо $m = 8$ робочих місць, з них 3 робочих місця (заправка автомобілів стислим повітрям, моторним маслом, паливом) винесені за межі приміщення зони ТО.

2.4.2 Обґрунтування та вибір форми організації виробничого процесу

Остаточний вибір форми організації виробничого процесу здійснюється на основі порівняння необхідного добового обсягу робіт із розрахунковою продуктивністю технологічної лінії. При цьому враховується, що завантаження лінії повинно становити не менше 65 % за умови роботи в одну зміну протягом доби.

Для подальшого обґрунтування визначаємо добову продуктивність технологічної лінії за відповідною розрахунковою формулою:

$$Q = \frac{F_c}{\mathrm{T_{ср}} \cdot 60} \cdot \eta_{\text{зо}} \quad (2.33)$$

де F_c – добовий фонд часу роботи обладнання;

$$F_c = 476 \text{ хв [12];}$$

$\mathrm{T_{ср}}$ – середнє значення трудомісткості виконання основних технологічних операцій, люд.-хв.

$$\mathrm{T_{ср}} = \frac{\sum t_{\text{ЕТО}}}{\sum \mathrm{П_о}} \quad (2.34)$$

де $\sum t_{\text{ЕТО}}$ – сумарна трудомісткість робіт з технічного обслуговування;

$$\sum t_{\text{ЕТО}} = 1.$$

$$\mathrm{T_{ср}} = \frac{1}{10} = 0{,}1$$

Після визначення середнього значення трудомісткості основних операцій, за формулою (2.34) розраховуємо добову продуктивність технологічної лінії.

$$Q = \frac{476}{0{,}1 \cdot 60} \cdot 0{,}8 = 63{,}47 \text{ авто}$$

Приймаємо значення продуктивності $Q = 63$ автомобілі.

Оскільки отримана продуктивність технологічної лінії становить не менше 60 % від заданого добового обсягу робіт з щоденного обслуговування $N_{\mathrm{ЕО_{сут}}} = 104$, у даному випадку доцільним є використання однопредметної потокової лінії для організації виконання робіт.

2.4.3 Розрахунок основних параметрів однопредметної потокової лінії

Вихідними даними для визначення параметрів однопредметної потокової лінії є виробнича програма запуску автомобілів на лінію за певний період (місяць, добу або зміну), а також встановлені фонди робочого часу і нормативи виконання робіт.

Добову програму запуску автомобілів на лінію $N_{\text{зап}}$ визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$N_{\text{зап}} = N_{\text{вип}} \cdot \frac{100}{100 - \alpha} \quad (2.34)$$

де $N_{\text{вип}}$ – добова програма випуску автомобілів;

α – коефіцієнт технологічних втрат, який становить 5–10 % [14]. Для подальших розрахунків приймаємо $\alpha = 5$ %.

Добова програма випуску автомобілів відповідає добовій продуктивності технологічної лінії, тобто їх значення приймаються однаковими.

$$N_{\text{вип}} = Q \tag{2.35}$$

$$N_{\text{вип}} = 63 \; авто$$

$$N_{\text{зап}} = 63 \cdot \frac{100}{100-5} = 66{,}3 \text{ авто}$$

Приймаємо $N_{зап}$ = 66 автомобілів.

Дійсний добовий фонд часу роботи технологічної лінії $F_д$, год, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$F_д = (F_к - T_н) \cdot c \tag{2.36}$$

де $F_к$ – фонд робочого часу за одну зміну, $F_к = 8$ год;

$T_п$ – тривалість регламентованих перерв для відпочинку працівників та проведення профілактичних заходів, $T_п$ = 1 год;

с – кількість робочих змін протягом доби, $c = 1$.

$$F_д = (8-1)1 = 7 \text{ год}$$

Важливим показником, що забезпечує виконання встановленого обсягу виробничої програми, є такт роботи лінії. Його значення визначається за відповідною розрахунковою формулою:

$$\tau_{\text{нл}} = \frac{F_д}{N_{\text{зап}}} \tag{2.37}$$

$$\tau_{\text{нл}} = \frac{7}{66} = 0{,}11\text{ч}$$

Необхідну кількість робочих місць на потоковій лінії визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$C_р = \frac{\sum t_{ЕО}}{\tau_{\text{нл}}} \tag{2.38}$$

де $\sum t_{ЕО}$ – сумарна трудомісткість робіт з технічного обслуговування за винятком операцій, що виконуються поза межами зони ТО, люд.-год.

Для подальших розрахунків приймаємо $\sum t_{ЕО} = 0{,}77$ люд.-год.

$$C_р = \frac{0{,}77}{0{,}11} = 7 \text{ роб.місць}$$

2.4.4 Розрахунок кількості робітників-ремонтників

На основі показників загальної трудомісткості виробничої програми визначаємо явочну чисельність ремонтних робітників, необхідних для роботи в зоні щоденного обслуговування (ЕО).

$$r_я = \frac{\sum T_{ЕО_г}}{F_{еф.р}} \tag{2.39}$$

де $F_{\text{еф.р}}$ – ефективний річний фонд робочого часу одного працівника;

$$F_{\text{еф.р}} = 1860–1980 \text{ год [12].}$$

Для подальших розрахунків приймаємо $F_{\text{еф.р}} = 1980$ год.

$$r_{\text{я}} = \frac{13054}{1980} = 6{,}6 \text{ роб.}$$

Приймаємо $r_{\text{я}} = 7$ працівників.

Облікову чисельність робітників визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$r_{\text{сп}} = r_{\text{яв}} \cdot \text{К}_{\text{сп}} \tag{2.40}$$

де $\text{К}_{\text{сп}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову чисельність працівників для заміни тих, хто перебуває у відпустці;

$$\text{К}_{\text{сп}} = 1{,}13 \text{ [12]}$$

$$r_{\text{сп}} = 7 \cdot 1{,}13 = 7{,}9$$

Приймаємо $r_{\text{сп}} = 8$ працівників.

У зоні технічного обслуговування працює 8 робітників, з яких 5 працівників мають II розряд, а 3 працівники – III розряд.

2.5 Опис конструкції та принципу роботи запропонованого устаткування

З метою підвищення ефективності прибирально-мийних операцій та збільшення продуктивності робіт зона технічного обслуговування була додатково оснащена механізованою струменевою мийною установкою і конвеєром періодичної дії.

Механізована установка струменевого типу для миття вантажних автомобілів складається з бічних трубчастих рам, чотирьох бічних трубчастих колекторів, що здійснюють коливальні рухи та встановлені попарно на фермах з обох сторін оглядових канав, а також двох нижніх миючих колекторів. У нижні колектори вмонтовані короткі гнучкі шланги із сопловими насадками. Установка для очищення нижньої частини автомобіля має аналогічну конструкцію, проте в ній відсутні бічні колектори.

Основними робочими органами мийної системи є трубчасті колектори, до яких підведені короткі шланги з сопловими насадками. Насадки з’єднані з повідковим кільцем, що встановлене на пальці важеля. Колектори здійснюють дотичні коливальні рухи в підшипникових опорах у двох взаємно перпендикулярних площинах.

Передача коливального руху колекторів відбувається через важільний механізм на повзун, який переміщується по напрямній. Повзун через храповий механізм редуктора

передає обертальний рух важелю. У свою чергу важіль через повідкове кільце забезпечує переміщення соплових насадок, що формують миючі струмені.

Автоматичне керування вмиканням і вимиканням електродвигунів насосів та механізмів миття здійснюється за допомогою командоконтролерів.

Штовхаючий конвеєр, який застосовується в даній системі, складається з приводної станції, натяжної станції, тягового органу та направляючих колій.

Переміщення автомобілів уздовж конвеєра здійснюється за допомогою роликового штовхача, який передає зусилля, впираючись у заднє колесо транспортного засобу. Як тяговий елемент використовується втулково-роликовий ланцюг.

Приводна станція забезпечує рух тягового механізму і включає редуктор, електродвигун, клиноремінну передачу та ведучу зірочку. Натяжна станція оснащена гвинтовим механізмом, який призначений для регулювання ступеня натягу ланцюга.

Заїзд автомобілів на конвеєр здійснюється з боку натяжної станції.

Крім того, оператор підтримує зв’язок з робочими постами за допомогою гучномовної системи, через яку подається команда про запуск конвеєра. Перед початком його роботи додатково може подаватися світловий або звуковий сигнал для попередження персоналу.

2.6 Розрахунок основних параметрів технологічного устаткування

2.6.1 Розрахунок установки для миття вантажних автомобілів

2.6.1.1 Визначення діаметра насадки

З урахуванням кількості та типу рухомого складу, що обслуговується на підприємстві, для проектування було обрано струменеву мийну установку.

Рекомендований робочий тиск води для таких установок становить $P = 220$ м водяного стовпа.

Мінімальний діаметр соплової насадки $d_{\text{н}}$, м, визначається за формулою:

$$d_{\text{н}} = \sqrt{4 \cdot v^2 \cdot \xi} \tag{2.41}$$

де v – радіус водяного струменя, м;

ξ – коефіцієнт стискання струменя, для розрахунків приймаємо $\xi = 1$ [5].

Радіус водяного струменя визначається за відповідною залежністю:

$$v = 2{,}7 \cdot d_{\text{з}} \tag{2.42}$$

де $d_{\text{з}}$ – діаметр частинок забруднення, м.

Згідно з результатами експериментальних досліджень встановлено, що приблизно 80 % твердих частинок забруднення мають розміри в межах (0,01–0,25)·10⁻³ м [6].

Для подальших розрахунків приймаємо значення діаметра частинок забруднення $d_з$ = 2,5·10⁻⁴ м.

$$v = 2{,}7 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-4} = 6{,}75 \cdot 10^{-4}\ \text{м}$$

Після визначення радіуса струменя за формулою (2.41) розраховується мінімальний діаметр соплової насадки.

$$d_\text{н} = \sqrt{4(6{,}75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 1} = 1{,}35 \cdot 10^{-3}\text{м}$$

Приймаємо мінімальний діаметр насадки $d_{\text{н}_{min}} = 1{,}5$ мм.

Під час вибору оптимального значення діаметра насадки dh необхідно враховувати такі показники, як якість очищення поверхні, ефективність процесу миття та економічність використання води. Значення dh min, отримане в результаті розрахунку, характеризує переважно економічність процесу миття.

З урахуванням дальності дії струменя на відстані до 1,5 м оптимальним вважається діаметр насадки в межах 2,5–3 мм при заданому тиску води.

У подальших розрахунках приймаємо $d_\text{н} = 2{,}5$ мм.

2.6.1.2 Розрахунок меж зони очищення

Зона очищення характеризується двома межами, які визначають якість та ефективність виконання мийних робіт:

– x_1 – зона очищення гарантованої якості;

– x_2 – зона очищення задовільної якості, що визначає межі економічно доцільного та ефективного миття.

Необхідність виділення двох меж пояснюється тим, що процес очищення поверхні не має чітко визначених границь і відбувається поступово через перехідні області.

Під час проектування струменевих мийних установок важливо враховувати обидві складові хоч, оскільки оптимальний розмір зони очищення знаходиться в інтервалі між значеннями x_1 та x_2.

Значення x_1, м, визначається за формулою:

$$x_1 = p^{0{,}738}(7{,}888 - \frac{8{,}642}{d_\text{н}} - \frac{0{,}076}{l} - 0{,}005 \cdot v_a^2)10^{-3} \qquad (2.43)$$

де p – тиск мийної рідини перед сопловою насадкою, кг/см²;

для розрахунків приймаємо $p = 22$ кг/см²;

l – відстань від насадки до поверхні автомобіля, м;

приймаємо $l = 0{,}7$ м;

v_a – швидкість переміщення автомобіля під час миття, м/хв;

v_a = 6,35 м/хв;

$d_н$ – діаметр соплової насадки, мм.

$$x_1 = 22^{0{,}738}\left(7{,}888 - \frac{8{,}642}{2{,}5} - \frac{0{,}076}{0{,}7} - 0{,}005 \cdot 6{,}35^2\right)10^{-3} = 40{,}3 \cdot 10^{-3}$$

Межу зони очищення x_2, м, розраховуємо за наведеною нижче формулою:

$$x_2 = p^{0{,}738}(2{,}01 \cdot d_н^{1{,}108} - 0{,}631 \cdot l^2 + \frac{1{,}917}{h} - 0{,}055 \cdot v_a^2 + 0{,}097) \cdot 10^{-3} \quad (2.44)$$

де $h_з$ – товщина шару забруднення, мм. Для розрахунків приймаємо $h_з = 3$ мм [5].

$$x_2 = 22^{0{,}738}\left(2{,}01 \cdot 2{,}5^{1{,}108} - 0{,}631 \cdot 0{,}7^2 + \frac{1{,}917}{3} - 0{,}055 \cdot 6{,}35^2 + 0{,}097\right) \cdot 10^{-3} = 42{,}9 \cdot 10^{-3}$$

2.6.1.3 Розрахунок струменевого вертикального колектора

Проводимо розрахунок струменевого вертикального колектора, який призначений для миття кузова та кабіни автомобіля. Довжину колектора приймаємо $l_к = 1{,}4$ м.

Використовуючи отримані раніше значення x_1 та x_2, визначаємо оптимальну відстань між сопловими насадками. Розрахунок виконується за відповідною формулою:

$$h_{ii} = 2 \cdot x_i \cdot k_c \quad (2.45)$$

де k_c – коефіцієнт перекриття струменів, що виходять із соплових насадок; для розрахунків приймаємо $k_c = 0{,}9$ [5].

$$h_{i1} = 2 \cdot 40{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}9 = 72{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$h_{i2} = 2 \cdot 42{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}9 = 77{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Число соплових насадок $n_{сi}$, шт., розраховуємо за відповідною формулою:

$$n_{сi} = \frac{l_к}{h_{нi}} \quad (2.46)$$

$$n_{сi} = \frac{1{,}4}{72{,}5 \cdot 10^{-3}} = 19 \text{ шт}$$

$$n_{сi} = \frac{1{,}4}{72{,}2 \cdot 10^{-3}} = 18 \text{ шт}$$

Отже, кількість соплових насадок на колекторі, призначеному для миття верхньої частини автомобіля (кузова та кабіни), повинна становити 18–19 шт.. Дане значення отримано за умови, що $К_д = 1$,

де $К_д$ – коефіцієнт, який враховує динаміку руху мийного колектора, а також при

прямолінійному паралельному переміщенні колектора, що є найпростішим варіантом роботи установки. У цьому випадку відстань між насадками становить приблизно 7–8 см.

Далі необхідно визначити оптимальні значення n_{ci} та $h_н$.

Слід зазначити, що під час аналізу різних технологій миття було встановлено, що в закордонних мийних установках часто застосовується змінний крок розташування насадок. Це пояснюється тим, що інтенсивність забруднення по висоті автомобіля є нерівномірною: найбільше забруднюється нижня частина кузова, тоді як верхня частина піддається значно меншому забрудненню.

У зв'язку з цим колектор, який призначений для миття бічної поверхні кузова автомобіля, доцільно умовно розділити по довжині на три зони, що відповідають різним рівням забруднення. З урахуванням цього відстань між сопловими насадками повинна бути найменшою у нижній частині кузова, де спостерігається найбільша кількість забруднень, і найбільшою у верхній частині, де ступінь забруднення є мінімальним.

$$l_к = l_{к1} + l_{к2} + l_{к3} \tag{2.47}$$

Отже, для визначення значення $h_{н1}$, що відповідає довжині ділянки колектора $l_{к1}$, необхідно прийняти значення x_1. Для визначення $h_{н3}$, яке відповідає довжині колектора $l_{к3}$, використовується значення x_2. Для середньої ділянки колектора $l_{к2}$ приймається значення, що дорівнює $0{,}5 \cdot (x_1 + x_2)$.

$$h_{н2} = \frac{72{,}5+77{,}2}{2} \cdot 10^{-3} = 74{,}9 \cdot 10^{-3}\text{м}$$

Для подальших розрахунків приймаємо довжини окремих ділянок колектора: $l_{к1}$ = 0,6 м; $l_{к2}$ = 0,3 м; $l_{к3}$ = 0,5 м.

Отже, загальна кількість насадок, встановлених на розрахунковому колекторі, визначається наступним розрахунком:

$$n_с = \frac{l_{к1}}{h_{н1}} + \frac{l_{к2}}{h_{н2}} + \frac{l_{к3}}{h_{н3}} \tag{2.48}$$

$$n_с = \frac{0{,}6}{72{,}5 \cdot 10^{-3}} + \frac{0{,}3}{77{,}2 \cdot 10^{-3}} + \frac{0{,}5}{74{,}9 \cdot 10^{-3}} = 8 + 4 + 7 = 19 \text{ шт}$$

Отже, на першій ділянці колектора розміщується 8 насадок, на другій – 4 насадки, а на третій – 7 насадок.

Подібний підхід може застосовуватися і при виборі оптимального діаметра насадки $d_н$, однак лише за умови, що колектор матиме збірну конструкцію (тобто передбачатиметься окрема подача води від насоса до кожної його секції) або якщо діаметр труби колектора буде виконаний ступінчастим. Це необхідно для забезпечення потрібного

співвідношення між витратою води та її тиском.

У випадку застосування різних колекторів або трубчастих арок діаметр насадки слід вибирати з урахуванням ступеня забруднення окремих частин автомобіля. Для ефективного очищення сильно забруднених елементів необхідна більша кінематична енергія водяного струменя, що досягається використанням насадок більшого діаметра $d_{\text{н}}$.

2.6.1.4 Визначення витрати води на миття автомобіля

Секундна витрата води $Q_{\text{с}}$, м³/с, визначається за наступною формулою:

$$Q_{\text{с}} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{н}}^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \tag{2.49}$$

де μ – коефіцієнт витрати (коефіцієнт витікання) соплової насадки. Його значення знаходиться в межах $\mu = 0{,}7 - 0{,}98$ [5].

Для подальших розрахунків приймаємо $\mu = 0{,}85$.

$$Q_{\text{с}} = 0{,}85 \cdot \frac{3{,}14 \cdot (2{,}5 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 220} = 2{,}7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Продуктивність насоса Q, м³/год, визначається за наступною формулою:

$$Q = 3600 \cdot Q_{\text{с}} \cdot n_{\text{с}} \cdot f \tag{2.50}$$

де f – коефіцієнт, що враховує можливі похибки виготовлення соплових насадок. Його значення знаходиться в межах $f = 1{,}1 - 1{,}3$ [5].

Для подальших розрахунків приймаємо $f = 1{,}1$.

$$Q = 3600 \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-4} \cdot 19 \cdot 1{,}1 = 20{,}3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Оскільки розрахунок виконано для одного мийного блоку, то при використанні двох струменевих блоків сумарна продуктивність насосної станції повинна становити 40 м³/год.

Вибір типу та марки насоса здійснюється за каталогом з урахуванням його робочої характеристики $Q - H$ (залежність подачі від напору).

За умови переміщення автомобіля з швидкістю v_a витрату води одним мийним блоком Q, л/авт., можна визначити за відповідною формулою:

$$Q = 0{,}46 \cdot \frac{d_{\text{н}}^2 + 0{,}98}{v_a + 0{,}24} \cdot \sqrt{\text{p}} \cdot \frac{(L_{\text{ср}} + \alpha) \cdot n_{\text{с}}}{0{,}55} \tag{2.51}$$

де a – габарит наближення, м; для розрахунків приймаємо $a = 1{,}2$ м [4];

$L_{\text{ср}}$ – середня довжина автомобілів, що обслуговуються, м.

Для автомобілів ГАЗ-53 та ЗІЛ-130 середнє значення довжини приймаємо $L_{\text{ср}}$ = 6,5 м.

$$Q = 0{,}46 \cdot \frac{2{,}5^2+0{,}98}{6{,}35+0{,}24} \cdot \sqrt{22} \cdot \frac{(6{,}5+1{,}2)19}{0{,}55} = 630 \text{ л/авт}$$

Таким чином, сумарна витрата води на миття одного автомобіля складає 1260 л/авт.

2.6.1.5 Розрахунок продуктивності мийної установки

Після визначення оптимальних параметрів струменевої мийної установки необхідно розрахувати її продуктивність. Значення продуктивності П, авт./год, визначається за відповідною розрахунковою формулою:

$$\text{П} = \frac{(l_\text{ш}+l_\text{к})\cdot L_\text{ср}\cdot \text{К}_\text{д}}{F_a'\cdot \text{К}_\text{пр}} \cdot \frac{60\cdot v_a}{L_\text{ср}+a} \tag{2.52}$$

де $\text{К}_\text{д}$ – коефіцієнт, що враховує динаміку руху мийного колектора; для розрахунків приймаємо $\text{К}_\text{д} = 1$ [5];

$\text{К}_\text{пр}$ – коефіцієнт просвіту, значення якого знаходиться в межах $\text{К}_\text{пр} = 0{,}87–0{,}89$ [5];

F_a – площа поверхні автомобіля, яка обробляється одним мийним блоком, м²;

$l_\text{ш}$ – довжина колектора, призначеного для миття шасі автомобіля, м.

Раніше було виконано розрахунок струменевого колектора, що використовується для миття кузова та кабіни автомобіля. Аналогічним способом можна провести розрахунок колектора, призначеного для очищення шасі транспортного засобу.

Прийнявши $l_\text{ш} = 0{,}7$ м та $h_\text{н} = 75\cdot10^{-3}$ м, отримуємо наступний результат.

$$n_\text{с} = \frac{0{,}7}{75\cdot10^{-3}} = 9 \text{ шт}$$

Для подальших розрахунків приймаємо такі значення коефіцієнтів і параметрів: $\text{К}_\text{д} = 1$, $\text{К}_\text{пр} = 0{,}88$, $F_a = 20{,}48$ м² [5, табл. 1].

$$\text{П} = \frac{(0{,}7+1{,}4)6{,}5\cdot1}{20{,}48\cdot0{,}88} \cdot \frac{60\cdot6{,}35}{6{,}5+1{,}2} = 37 \text{ авт/год}$$

Розрахунок швидкості конвеєра $v_\text{до}$, м/хв, виконується за наведеною нижче формулою:

$$v_\text{к} = \frac{\text{П}(L_\text{ср}+a)}{60} \tag{2.53}$$

$$v_\text{к} = \frac{37\cdot(6{,}5+1{,}2)}{60} = 4{,}7 \text{ м/хв}$$

З урахуванням формули (3.11) визначаємо сумарну витрату води $Q_\text{сум}$, м³/год.

$$Q_\text{сум} = \text{П} \cdot Q \tag{2.54}$$

де Q – витрата води на миття одного автомобіля, м³/авт.

$$Q_\text{сум} = 37 \cdot 1{,}26 = 46{,}6 \text{ м}^3\text{/год}$$

Отже, насосна станція повинна забезпечувати подачу води з продуктивністю 51 м³/год, враховуючи коефіцієнт запасу f.

2.6.2 Розрахунок основних параметрів штовхаючого ланцюгового конвеєра

2.6.2.1 Розрахунок тягового зусилля на приводній зірочці

Вага автомобіля ЗІЛ-130, який переміщується конвеєром, становить 43000 Н. З урахуванням довжини виробничого приміщення передбачається організація трьох робочих постів, тому довжина конвеєра приймається відповідно до прийнятого планувального рішення.

Відстань між осями приводної та натяжної станцій, що визначає довжину тягового ланцюга, становить 25800 мм.

Як тяговий елемент використовується втулково-роликовий ланцюг ВР-11-50-25-111, який відповідає стандарту ДСТУ 10947-81.

Маса одного метра ланцюга становить $m_0 = 4{,}27$ кг [7].

Первинне натягнення ланцюга приймаємо $S_0 = 2000$ Н [8].

Розрахункова схема конвеєра наведена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Розрахункова схема тягового ланцюга

Натяг ланцюга в точці 1 (рисунок 2.1) S_1, Н, визначається за відповідною розрахунковою формулою:

$$S_1 = S_0 + L \cdot m_0 \cdot f \tag{2.55}$$

де L – довжина тягового ланцюга між осями приводної та натяжної станцій, м;

f – коефіцієнт тертя сталі по сталі за умов недостатнього змащування; його значення знаходиться в межах $f = 0{,}25 - 0{,}35$ [8, с. 315].

Для подальших розрахунків приймаємо $f = 0{,}35$.

$$S_1 = 2000 + 25{,}8 + 4{,}27 \cdot 0{,}35 = 2039 \text{ Н}$$

Натяг ланцюга в точці 2 (рис. 2.1) на натяжній зірочці S_2, Н, розраховується за наведеною формулою:

$$S_2 = S_1 \cdot \varepsilon \tag{2.56}$$

де ε – коефіцієнт опору на натяжній зірочці; для розрахунків приймаємо $\varepsilon = 1{,}04$ [8].

$$S_2 = 2039 \cdot 1{,}04 = 2121 \text{ Н}$$

Значення натягу ланцюга в точці 3 (рис. 2.1) S_3, Н, розраховується за наведеною формулою:

$$S_3 = S_2 + L \cdot m_0 \cdot f + Q_1 \cdot n \cdot \gamma \tag{2.57}$$

де Q_1 – вага автомобіля, що переміщується конвеєром, Н;

n – кількість робочих постів;

γ – коефіцієнт опору коченню, для розрахунків приймаємо $\gamma = 0{,}03$ [8].

$$S_3 = 2121 + 25{,}8 \cdot 4{,}27 \cdot 0{,}35 + 43000 \cdot 3 \cdot 0{,}03 = 6030 \text{ Н}$$

Значення тягового зусилля на приводній зірочці F_t, Н, розраховується за наведеною нижче формулою:

$$F_t = S_3 - S_0 + (S_3 + S_0)(\text{К} - 1) \tag{2.58}$$

де K – коефіцієнт, що враховує опір, пов'язаний з кутом обхвату зірочки; його значення знаходиться в межах $K = 1{,}05 - 1{,}07$ [8].

Для подальших розрахунків приймаємо $K = 1{,}07$.

$$F_t = 6030 - 2000 + (6030 + 2000)(1{,}07 - 1) = 4592 \text{ Н}$$

2.6.2.2 Вибір тягового ланцюга

Розрахункове зусилля, що діє на тяговий ланцюг, $F_{\text{тр}}$, Н, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$F_{\text{тр}} = S_{\text{с}} + S_{\text{д}} \tag{2.59}$$

де $S_{\text{с}}$ – максимальне статичне навантаження ланцюга, що визначається за результатами тягового розрахунку, Н;

$S_{\text{д}}$ – максимальне динамічне навантаження, яке діє на ланцюг, Н.

Оскільки швидкість переміщення ланцюга є незначною, динамічну складову навантаження в даному розрахунку можна не враховувати.

Отже:

$$F_{\text{тр}} = S_{\text{с}} = S_{\text{з}} \quad (2.60)$$

$$F_{\text{тр}} = 6030 \text{ Н}$$

У якості тягового елемента конвеєра приймаємо втулково-роликовий ланцюг ВР-11-63-30-111 [7].

2.6.2.3 Кінематичний розрахунок елементів приводу конвеєра

Вибір електродвигуна приводу

Вихідні дані для розрахунку:

1. окружна сила $F = 6{,}3$ кН,
2. окружна швидкість $v = 0{,}3$ м/с,
3. діаметр зірочки $D = 600$ мм.

Необхідну потужність на вихідному валу $P_{\text{вих}}$, кВт, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$P_{\text{вих}} = F \cdot v \quad (2.61)$$

$$P_{\text{вих}} = 6{,}3 \cdot 0{,}3 = 1{,}9 \text{ кВт}$$

Необхідну потужність електродвигуна P_e, кВт, розраховуємо за наведеною нижче формулою:

$$P_e = \frac{P_{\text{вих}}}{\eta_{\text{заг}}} \quad (2.62)$$

де $\eta_{\text{заг}}$– загальний коефіцієнт корисної дії приводу (двигуна).

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{б}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{рем}} \quad (2.63)$$

де $\eta_{\text{б}}$ – коефіцієнт корисної дії барабана, встановленого на підшипниках кочення; приймаємо $\eta_{\text{б}}$ = 0,99 [9];

$\eta_{\text{рем}}$ – коефіцієнт корисної дії ремінної передачі; для розрахунків приймаємо $\eta_{\text{рем}}$ = 0,94 [9, табл. 2.1];

$\eta_{\text{ред}}$ – коефіцієнт корисної дії редуктора.

$$\eta_{\text{ред}} = \eta_n \cdot \eta_{\text{швид}} \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{тих}} \cdot \eta_n \quad (2.64)$$

де η_n – коефіцієнт корисної дії пари підшипників; для розрахунків приймаємо η_n = 0,99 [9];

$\eta_{\text{швид}}$ – коефіцієнт корисної дії швидкохідної передачі; приймаємо $\eta_{\text{швид}}$ = 0,95 [9];

$\eta_{\text{тих}}$ – коефіцієнт корисної дії тихохідної передачі; приймаємо $\eta_{\text{тих}}$ = 0,95 [9].

$$\eta_{\text{ред}} = 0{,}99^3 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}95 = 0{,}88$$

Після визначення значення $\eta_{\text{ред}}$ за формулою (3.23) обчислюємо загальний ККД двигуна:

$$\eta_{\text{заг}} = 0{,}99 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}94 = 0{,}82$$

Використовуючи формулу (2.21), розраховуємо необхідну потужність електродвигуна:

$$\text{P}_\text{e} = \frac{1{,}9}{0{,}82} = 2{,}3 \text{ кВт}$$

Значення частоти обертання вала електродвигуна n_e, хв$^{-1}$, розраховується за наведеною формулою:

$$n_e = n_\text{в} \cdot U_{\text{рем}} \cdot U_{\text{ред}} \tag{2.65}$$

де $U_{\text{рем}}$ – передавальне число ремінної передачі; для розрахунків приймаємо $U_{\text{рем}}$ = 2,5 [9, табл. 3.1];

$U_{\text{ред}}$ – загальне передавальне число редуктора, яке знаходиться в межах $U_{\text{ред}}$ = 20,100 [9];

$n_\text{в}$ – частота обертання вихідного вала, хв$^{-1}$.

$$n_\text{в} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} \tag{2.66}$$

де D – діаметр зірочки, мм.

$$n_\text{в} = \frac{60 \cdot 0{,}3}{3{,}14 \cdot 0{,}6} = 10 \text{ хв}^{-1}$$

Використовуючи формулу (2.24), розраховуємо частоту обертання вала електродвигуна, задавши передавальні числа $U_{\text{рем}}$=2 та $U_{\text{ред}}$=50.

$$n_e = 10 \cdot 2 \cdot 50 = 1000 \text{ хв}^{-1}$$

Отримані значення потужності електродвигуна та частоти його обертання округлюємо до найближчих стандартних значень відповідно до таблиці 2.2 [9].

Для приводу конвеєра приймаємо трифазний асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором серії А4, закритого виконання з примусовим обдувом, відповідно до ДСТУ 19523-81, типу 4А122ЕА5У3. Номінальна потужність двигуна становить P_e = 3,0 кВт, а частота обертання вала n_e = 1000 хв$^{-1}$. Коефіцієнт ковзання ротора приймаємо S = 4,7 %.

Синхронну частоту обертання електродвигуна n_c, хв$^{-1}$, визначаємо за наступною

формулою:

$$n_{\text{с}} = n_e(1 - \frac{S}{100}) \quad (2.67)$$

$$n_{\text{с}} = 1000\left(1 - \frac{4{,}7}{100}\right) = 953 \text{ хв}^{-1}$$

2.6.2.4 Визначення передавальних чисел приводу

Загальне передавальне число приводу $U_{\text{заг}}$ визначають за відповідною розрахунковою формулою:

$$U_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{с}}}{n_{\text{в}}} \quad (2.68)$$

$$U_{\text{заг}} = \frac{953}{10} = 95{,}3$$

Необхідне передавальне число редуктора визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$U^n_{\text{рід}} = \frac{U_{\text{заг}}}{U_{\text{рем}}} \quad (2.69)$$

$$U^n_{\text{рід}} = \frac{95{,}2}{2} = 47{,}7$$

Приймаємо стандартне значення передавального числа редуктора

$$U_{\text{рід}} = 50 \text{ [9, с. 51].}$$

Фактичне передавальне число ремінної передачі визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$U^{\text{ф}}_{\text{рем}} = \frac{U_{\text{заг}}}{U^{\text{ф}}_{\text{рід}}} \quad (2.70)$$

$$U^{\text{ф}}_{\text{рем}} = \frac{95{,}3}{50} = 1{,}9$$

2.6.2.5 Обґрунтування та вибір основних параметрів редуктора

Необхідний крутний момент на головному валу $T_{\text{кр}}$, Н·м, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$T_{\text{кр}} = \frac{F_t \cdot D}{2} \quad (2.71)$$

$$T_{\text{кр}} = \frac{6030 \cdot 0{,}6}{2} = 1809 \text{ Нм}$$

Розрахункову потужність редуктора $P_{\text{р}}$, кВт, визначаємо за відповідною формулою:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{е}} \cdot \text{К} \quad (2.72)$$

де K — коефіцієнт, що враховує умови експлуатації механізму; приймаємо $K = 1{,}25$

[10, с. 502].

$$P_{\text{р}} = 3{,}0 \cdot 1{,}25 = 3{,}75 \text{ кВт}$$

За розрахованою потужністю та значенням крутного моменту на тихохідному валу, при передавальному числі 60, підбираємо редуктор типу Е2-75У з передавальними числами $U_{\text{б}} = 10$ та $U_{\text{т}} = 5$ [9].

2.6.2.6 Визначення кутових швидкостей, частот обертання та крутних моментів на валах редуктора

Частоту обертання швидкохідного вала редуктора n_1, хв$^{-1}$, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$n_1 = \frac{n_{\text{с}}}{U_{\text{рем}}^{\text{ф}}} \tag{2.73}$$

$$n_1 = \frac{953}{1{,}9} = 501{,}6 \text{ хв}^{-1}$$

Частоту обертання проміжного вала редуктора n_2, хв$^{-1}$, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$n_2 = \frac{n_1}{U_{\text{б}}} \tag{2.74}$$

$$n_2 = \frac{501{,}6}{10} = 50{,}16 \text{ хв}^{-1}$$

Частоту обертання тихохідного вала редуктора n_3, хв$^{-1}$, визначаємо за відповідною розрахунковою залежністю:

$$n_3 = \frac{n_2}{U_{\text{т}}} \tag{2.75}$$

$$n_3 = \frac{50{,}16}{5} = 10 \text{ хв}^{-1}$$

Кутову швидкість швидкохідного вала редуктора ω_1, с$^{-1}$, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \tag{2.76}$$

$$\omega_1 = \frac{3{,}14 \cdot 501{,}6}{30} = 52{,}5 \text{ с}^{-1}$$

Кутову швидкість проміжного вала редуктора ω_2, с$^{-1}$, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} \tag{2.77}$$

$$\omega_2 = \frac{3{,}14 \cdot 50{,}16}{30} = 5{,}25 \text{ с}^{-1}$$

Кутову швидкість тихохідного вала редуктора ω_3, с$^{-1}$, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} \quad (2.78)$$

$$\omega_3 = \frac{3{,}14 \cdot 10}{30} = 1{,}05 \text{ с}^{-1}$$

Крутний момент на швидкохідному валу T_1, Н·м, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$T_1 = \frac{\text{P}_1 \cdot 10^3}{\omega_1} \cdot \eta_n \quad (2.79)$$

де P_1 — потужність, що передається на швидкохідному валу, кВт.

$$\text{P}_1 = \text{P}_\text{e} \cdot \eta_\text{рем} \quad (2.80)$$

$$\text{P}_1 = 3{,}0 \cdot 0{,}94 = 2{,}82 \text{ кВт}$$

Знаючи значення потужності P_1, за формулою (2.37) визначаємо крутний момент на швидкохідному валу:

$$T_1 = \frac{2{,}82 \cdot 10^3}{52{,}5} \cdot 0{,}9 = 53{,}2 \text{ Нм}$$

Крутний момент на додатковому валу T_2, Н·м, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$T_2 = T_1 \cdot U_\text{б} \cdot \eta_\text{шв} \cdot \eta_n \quad (2.81)$$

$$T_2 = 53{,}2 \cdot 10 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}99 = 500{,}3 \text{ Нм}$$

Крутний момент на допоміжному валу T_3, Н·м, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$T_3 = T_2 \cdot U_\text{Т} \cdot \eta_\text{тих} \cdot \eta_n \quad (2.82)$$

$$T_3 = 500{,}3 \cdot 3 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}99 = 2352{,}7 \text{ Нм}$$

2.6.2.7 Розрахунок клиноремінної передачі

Для передавання крутного моменту від електродвигуна до редуктора застосовуємо клиноремінну передачу.

Діаметр меншого шківа передачі $d_\text{м}$, мм, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$d_\text{м} = (38 \ldots 42)\sqrt[3]{T_1} \quad (2.83)$$

$$d_\text{м} = (38 \ldots 42)\sqrt[3]{53{,}2} = 143 \ldots 158 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра меншого шківа $d_{\text{м}} = 160$ мм [9, с. 257].

Швидкість обертання шківа, м/с, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\text{м}} \cdot n_c}{60 \cdot 1000} \tag{2.84}$$

$$v = \frac{3{,}14 \cdot 160 \cdot 953}{60 \cdot 1000} = 7{,}98 \text{ м/с}$$

Потужність, що передається клиноремінною передачею, $P_{\text{п}}$, кВт, визначаємо за відповідною розрахунковою залежністю:

$$P_{\text{п}} = P_{\text{е}} \tag{2.85}$$

$$P_{\text{п}} = 3{,}0 \text{ кВт}$$

За розрахованим значенням швидкості обертання шківа визначаємо необхідний тип поперечного перерізу ременя.

У даному випадку приймаємо переріз ременя, що дорівнює 19 мм.

Потужність, яку може передати один ремінь, становить $q_0 = 2$ кВт.

Діаметр більшого шківа $d_{\text{б}}$, мм, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$d_{\text{б}} = d_{\text{м}} \cdot U_{\text{рем}}^{\text{ф}} \tag{2.86}$$

$$d_{\text{б}} = 160 \cdot 1{,}9 = 304 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення діаметра більшого шківа $d_{\text{б}} = 315$ мм [9, с. 257].

Для клинового ременя приймаємо такі параметри: висота (товщина) $T_0 = 0{,}7$ мм, ширина $W = 19$ мм, розрахункова ширина $l_{\text{р}} = 18$ мм [9, табл. 9.4].

Найбільшу міжосьову відстань l_{min}, мм, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$l_{min} = 0{,}55(d_{\text{м}} + d_{\text{б}}) + T_0 \tag{2.87}$$

$$l_{min} = 0{,}55(160 + 315) + 10{,}5 = 271{,}75 \text{ мм}$$

Необхідну довжину ременя $L_{\text{г}}$, мм, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$L_{\text{г}} = 2 \cdot l_{min} + \frac{\pi}{2}(d_{\text{м}} + d_{\text{б}}) + \frac{(d_{\text{б}} - d_{\text{м}})^2}{4 \cdot l_{min}} \tag{2.88}$$

$$L_{\text{г}} = 2 \cdot 271{,}5 + \frac{3{,}14}{2} + (160 + 315) + \frac{(315-160)^2}{4 \cdot 271{,}5} = 1311{,}4 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартну довжину ременя $L = 1400$мм [9, с. 263].

Після цього уточнюємо міжосьову відстань l, мм, використовуючи відповідну розрахункову формулу:

$$l = 0{,}25\left[L - \frac{\pi}{2}(d_i + d_a) + \sqrt{(L - \frac{\pi}{2}(d_i + d_a))^2 - 2(d_i + d_a)^2}\right] \quad (2.89)$$

$$l = 0{,}25\left[1400 - \frac{3{,}14}{2}(160 + 315) + \sqrt{(1400 - \frac{3{,}14}{2}(160 + 315))^2 - 2(160 + 315)^2}\right] = 318$$

Кут обхвату шківа визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$\alpha = 180° - 60°(\frac{d_б - d_м}{l}) \quad (2.90)$$

$$\alpha = 180° - 60°\left(\frac{315 - 160}{318}\right) = 151°$$

Необхідну кількість ременів z визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$z = \frac{\mathrm{P_e}}{q_0} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (2.91)$$

де k_1 — коефіцієнт, що залежить від величини кута обхвату; приймаємо k_1=0,88 [9];

k_2 — коефіцієнт, який враховує характер і режим навантаження; приймаємо k_2=1,3 [9].

$$z = \frac{3}{2} \cdot 0{,}88 \cdot 1{,}3 = 1{,}72$$

Приймаємо кількість ременів $z = 2$ шт.

Кругову силу на головному шківі ремінної передачі F_{tp}, Н, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$F_{tp} = \frac{2 \cdot \mathrm{T_1} \cdot 10^3}{d_a} \quad (2.92)$$

$$F_{tp} = \frac{2 \cdot 53{,}2 \cdot 10^3}{315} = 337{,}8 \text{ Н}$$

Силу, що діє на вал $F_{\text{п}}$, Н, визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$F_{\text{п}} = k_F \cdot F_{tp} \quad (2.93)$$

де k_F — коефіцієнт, що враховує умови експлуатації передачі; приймаємо k_F=1,1[9].

$$F_{\text{п}} = 1{,}1 \cdot 337{,}8 = 371{,}6 \text{ Н}$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги безпеки під час щоденного технічного обслуговування

Охорона праці під час щоденного технічного обслуговування вантажних автомобілів повинна бути спрямована на створення безпечних умов роботи, попередження травматизму, зменшення впливу шкідливих виробничих факторів і забезпечення належного санітарного стану робочого місця. Основні правові засади охорони праці в Україні визначаються Законом України «Про охорону праці» [3]. Для автомобільного транспорту також застосовуються Правила охорони праці на автомобільному транспорті, згідно з якими технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів повинні проводитися на спеціально відведених робочих місцях, обладнаних необхідними пристроями та засобами безпеки [4].

Під час роботи на мийному посту працівник може зазнавати впливу таких небезпечних і шкідливих факторів:

- підвищена вологість повітря;
- слизька підлога;
- рух транспортного засобу в межах поста;
- дія водяного струменя під тиском;
- ураження електричним струмом;
- шум від насоса та електродвигуна;
- контакт із мийними засобами;
- утворення аерозолю, бризок і забрудненої води;
- можливість падіння під час очищення високих частин кабіни або кузова.

До роботи з установкою допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з будовою обладнання, правилами електробезпеки, порядком дій у разі аварійної ситуації та забезпечені засобами індивідуального захисту..

3.2 Вимоги до мийного поста

Мийний пост повинен мати рівну водостійку підлогу з ухилом у бік водозбірного лотка. Поверхня підлоги має бути неслизькою, стійкою до дії води, мийних засобів і нафтопродуктів. Для запобігання накопиченню води необхідно передбачити систему відведення стоків у відстійник або очисну споруду.

Основні вимоги до поста:

– достатня площа для безпечного заїзду та виїзду автомобіля;
– наявність водозбірного лотка;
– обладнання відстійником, пісковловлювачем і фільтром;
– освітлення робочої зони;
– вентиляція або природне провітрювання;
– електрообладнання у вологозахищеному виконанні;
– наявність кнопки аварійного вимкнення;
– заземлення металевих частин установки;
– розміщення попереджувальних знаків безпеки.

Для забезпечення нормальних умов зорової роботи освітлення мийного поста слід проєктувати з урахуванням вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [5].

Орієнтовний розрахунок освітлення можна виконати методом світлового потоку:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (3.1)$$

де Ф — світловий потік одного світильника, лм;

E — нормована освітленість, лк;

S — площа приміщення, м²;

k — коефіцієнт запасу;

z — коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N — кількість світильників;

η — коефіцієнт використання світлового потоку.

Приймаємо: $E = 300$ лк; $S = 54$м²; $k = 1{,}5$; $z = 1{,}1$; $N = 8$; $\eta = 0{,}55$.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 54 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1}{8 \cdot 0{,}55} = 6075 \text{ лм}$$

Отже, для освітлення мийного поста доцільно встановити 8 LED-світильників зі світловим потоком не менше 6100–6400 лм кожний у вологозахищеному виконанні.

3.3 Безпечна експлуатація установки для зовнішнього миття

Перед початком роботи працівник повинен перевірити справність насоса, шлангів, форсунок, електричного кабелю, заземлення, запірної арматури та аварійного вимикача. Забороняється експлуатувати установку за наявності пошкоджених кабелів, витоку води з трубопроводів, несправного електродвигуна або відсутності захисних кожухів.

Під час миття забороняється:

– спрямовувати струмінь води на людей;

– торкатися електрообладнання мокрими руками;
– виконувати ремонт установки під час її роботи;
– залишати працюючий насос без нагляду;
– перебувати стороннім особам у робочій зоні;
– використовувати мийні засоби без маркування;
– працювати без гумового взуття, рукавиць і захисних окулярів.

Працівник повинен використовувати такі засоби індивідуального захисту:

– водонепроникний спецодяг;
– гумові чоботи з неслизькою підошвою;
– захисні рукавиці;
– окуляри або щиток від бризок;
– за потреби — протишумові навушники.

Електродвигун, насос і пульт керування повинні мати захист від потрапляння води. У ланцюзі живлення необхідно передбачити автоматичний вимикач і пристрій захисного відключення. Металеві частини установки мають бути заземлені.

3.4 Екологічна безпека мийного поста

Під час миття вантажних автомобілів у стічну воду можуть потрапляти частинки ґрунту, пил, мастило, паливо, нафтопродукти та залишки мийних засобів. Тому скид неочищеної води безпосередньо на ґрунт або у відкриті водойми є неприпустимим. Стічна вода повинна збиратися через лотки та направлятися до відстійника, пісковловлювача або локальної системи очищення.

Для зменшення витрат води доцільно передбачити часткову рециркуляцію. Після відстоювання та фільтрації вода може повторно використовуватися для попереднього обмивання автомобіля, а для заключного ополіскування бажано використовувати чисту воду.

Екологічні заходи:

– збір усіх стічних вод у водовідвідні лотки;
– застосування відстійника для осадження піску й ґрунту;
– використання фільтра для механічного очищення;
– недопущення потрапляння нафтопродуктів у ґрунт;
– застосування мийних засобів, дозволених для технічного миття;

– періодичне очищення відстійника;

– ведення контролю витрат води.

Визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, які можуть виникати під час щоденного технічного обслуговування вантажних автомобілів і роботи установки для зовнішнього миття. Запропоновано заходи щодо безпечної організації мийного поста, електробезпеки, використання засобів індивідуального захисту, запобігання падінням, травмуванню водяним струменем і забрудненню довкілля. Виконаний орієнтовний розрахунок освітлення підтверджує можливість створення належних умов праці на мийному посту.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Мета техніко-економічного обґрунтування

Метою техніко-економічної частини є визначення доцільності впровадження установки для зовнішнього миття вантажних автомобілів у технологічний процес щоденного технічного обслуговування. Економічний ефект досягається за рахунок скорочення тривалості миття, зменшення витрат води, зниження трудомісткості робіт, підвищення якості очищення автомобіля та покращення умов праці.

Для розрахунку приймаємо такі вихідні дані.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Кількість автомобілів, що обслуговуються за день	N_d	6 авто
Кількість робочих днів на рік	D	250 днів
Річна кількість мийок	$N_{\text{р}}$	1500 мийок
Тривалість ручного миття одного автомобіля	t_1	0,65 год
Тривалість миття з установкою	t_2	0,35 год
Годинна тарифна ставка працівника	C_t	120 грн/год
Коефіцієнт нарахувань на оплату праці	k_n	1,22
Вартість 1 м³ води	C_w	35 грн
Вартість 1 кВт·год електроенергії	C_e	6 грн
Капітальні вкладення	K	115500 грн

Річна кількість мийок визначається за формулою:

$$N_{\text{р}} = N_d \cdot D \tag{4.1}$$

$$N_{\text{р}} = 6 \cdot 250 = 1500 \text{ мийок}$$

4.2 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають витрати на придбання або виготовлення основних елементів установки, монтаж, електрообладнання, трубопроводи та резервні витрати.

Таблиця 4.2 – Орієнтовна вартість виготовлення установки для зовнішнього миття

№	Найменування елемента	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн
1	Насос високого тиску	1	35000	35000

2	Електродвигун і пускова апаратура	1	12000	12000
3	Металева рама установки	1	18000	18000
4	Форсунки та розподільний колектор	1 комплект	9000	9000
5	Бак для води	1	12000	12000
6	Фільтр грубого очищення	1	6000	6000
7	Відстійник / пісковловлювач	1	10000	10000
8	Трубопроводи, шланги, арматура	1 комплект	8000	8000
9	Монтажні роботи	1 комплекс	6000	6000
10	Непередбачені витрати, 10 %	—	—	10500
Разом				115500

Отже, загальна вартість виготовлення та впровадження установки становить: $К = 115500$ грн.

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати на одну мийку включають оплату праці, витрати води, електроенергії, мийних засобів, технічного обслуговування установки та очищення стічної води.

Витрати на оплату праці при ручному митті:

$$С_{п1} = t_1 \cdot C_t \cdot k_n \quad (4.2)$$

$$С_{п1} = 0{,}65 \cdot 120 \cdot 1{,}22 = 95{,}16 \text{ грн}$$

Витрати на оплату праці при митті з установкою:

$$С_{п2} = t_2 \cdot C_t \cdot k_n \quad (4.3)$$

$$С_{п2} = 0{,}35 \cdot 120 \cdot 1{,}22 = 51{,}24 \text{ грн}$$

Таблиця 4.3 – Порівняння витрат на одну мийку

Стаття витрат	Ручне миття, грн	Миття з установкою, грн
Оплата праці з нарахуваннями	95,16	51,24
Вода	8,75	2,80
Електроенергія	6,00	18,00

Мийні засоби	10,00	12,00
Поточне обслуговування обладнання	4,00	8,00
Відведення та очищення стічної води	8,00	3,00
Разом	131,91	95,04

Економія на одній мийці:

$$E_1 = C_1 - C_2 \quad (4.4)$$

$$E_1 = 131{,}91 - 95{,}04 = 36{,}87 \text{ грн}$$

4.4 Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_р = E_1 \cdot N_р \quad (4.5)$$

$$E_р = 36{,}87 \cdot 1500 = 55305 \text{ грн}$$

Отже, впровадження установки дозволяє отримати орієнтовну річну економію: $E_р = 55305$ грн.

Таблиця 4.4 – Річні витрати за базовим і проєктним варіантами

Показник	Ручне миття	Миття з установкою
Витрати на одну мийку, грн	131,91	95,04
Кількість мийок на рік	1500	1500
Річні витрати, грн	197865	142560
Річна економія, грн		55305

4.5 Строк окупності установки

Строк окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T = \frac{К}{E_р} \quad (4.6)$$

$$T = \frac{115500}{55305} = 2{,}09 \text{ року}$$

Отже, строк окупності установки становить приблизно 2,1 року, що є прийнятним для невеликої дільниці щоденного технічного обслуговування.

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{E_р}{К} \quad (4.7)$$

$$E = \frac{55305}{115500} = 0{,}48$$

У відсотках:

$$E = 0{,}48 \cdot 100 = 48\%$$

Це означає, що щорічна економія становить близько 48 % від вартості впровадження установки.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі було розглянуто ряд важливих питань, пов’язаних з організацією технічного обслуговування вантажних автомобілів. Зокрема:

– наведено загальну характеристику рухомого складу автотранспортного підприємства, а також виконано розрахунки виробничої програми та визначено періодичність проведення технічного обслуговування і ремонту автомобілів;

– здійснено розрахунок технологічного процесу щоденного технічного обслуговування вантажних автомобілів із організацією пункту миття транспортних засобів;

– виконано розрахунки, що обґрунтовують вибір форми та методів організації технологічного процесу, а також визначено основні параметри однопредметної потокової лінії;

– розглянуто питання технологічного оснащення та модернізації обладнання в зоні технічного обслуговування вантажних автомобілів;

– проведено розрахунки конструктивних параметрів окремих елементів і вузлів, необхідних для організації робіт із щоденного технічного обслуговування;

– проаналізовано питання безпеки життєдіяльності та охорони праці під час виконання робіт на виробничій дільниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту : наказ Міністерства транспорту України від 30.03.1998 № 102. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0268-98

2. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держспоживстандарт України, 2011.

3. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12

4. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : наказ МНС України від 09.07.2012 № 964. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1299-12

5. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018.

6. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіон України, 2013.

7. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14

8. Правила дорожнього руху України : постанова Кабінету Міністрів України від 10.10.2001 № 1306. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-п

9. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

10. Басов Г. Г., Джуренко Г. І. Технічна експлуатація автомобілів. Київ : Вища школа, 2019.

11. Волков В. П., Матейчик В. П., Комов П. Б. Технічна експлуатація автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2020.

12. ISO 14001:2015. Environmental management systems — Requirements with guidance for use. Geneva : International Organization for Standardization, 2015.

13. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use. Geneva : International Organization for Standardization, 2018.

14. ISO 9001:2015. Quality management systems — Requirements. Geneva : International Organization for Standardization, 2015.

15. Bosch Automotive Handbook. 11th ed. Hoboken : Wiley, 2022.

16. Guzzella L., Sciarretta A. Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling

and Optimization. 4th ed. Berlin : Springer, 2021.

17. Heisler H. Advanced Vehicle Technology. 2nd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2002.

18. Stone R., Ball J. K. Automotive Engineering Fundamentals. Warrendale : SAE International, 2004.

19. Gilles T. Automotive Service: Inspection, Maintenance, Repair. 6th ed. Boston : Cengage Learning, 2020.

20. Duffy J. E. Modern Automotive Technology. 9th ed. Tinley Park : Goodheart-Willcox, 2021.