**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О.Д. СЕМКОВИЧА**

# ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему:

## Удосконалення технологічного процесу ремонту шин мобільної сільськогосподарської техніки

Виконав: студент групи Аін-43сп

Спеціальності 208 „Агроінженерія”

Довгань Андрій Михайлович

Керівник: д.т.н., професор Оліскевич М.С.

_____

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**
**КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О.Д. СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедри_____
(підпис)

к.т.н., доцент Шарибура А.О.

“____”_____2024 р.

# З А В Д А Н Н Я

на дипломний проєкт студенту
**Довганю Андрію Михайловичу**

1. Тема роботи: **Удосконалення технологічного процесу ремонту шин мобільної сільськогосподарської техніки**

Керівник роботи: Оліскевич Мирослав Стефанович, д.т.н., професор
Затверджена наказом по університету від 30.12.24 р. 453/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 31.05.2024 року.

3. Вихідні дані: *Провести огляд аналогів, у т.ч. − патентний пошук обладнання для вулканізації шин і камер. Розмір коліс – R16-57. Кількість робочих місць− 2. Передбачити пристосування пристрою під розмір шини. Передбачити застосування технології ремонту пластирями.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити: *1. Аналіз відомих об’єктів і технологій ремонту. 2. Удосконалення технології та організації робіт. 3. Розробка конструкції вулканізатора 4.Охорона праці та захист населення 5.Охорона довкілля 6.Економічна частина*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): *1. Складальне креслення пристрою 2,3.Деталювання 4.План дільниці. 5 Схема процесу 6.Економічні показники*

6. Консультанти розділів роботи:

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | | Відмітка про виконання |
|---|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв | |
| 1, 2, 3, 5,6 | Оліскевич М.С., д.т.н., професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. професора О.Д. Семковича | | | |
| 4 | Городецький І.М. к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва | | | |

7. Дата видачі завдання: 16 квітня 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор. № | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Відмітка про вико-нання |
|---|---|---|---|
| 1. | *Написання розділу: «Аналіз відомих об'єктів і технологій ремонту»* | *23.04.24-10.05.24* | |
| 2. | *Виконання другого розділу: «*удосконалення технології та організації робіт*»* | *10.05.24-23.05.24* | |
| 3. | *Виконання третього розділу: «*розробка конструкції вулканізатора*»* | *24.05.24-10.06.24* | |
| 4. | *Написання розділу: «Охорона праці та захист населення»* | *1.06.24-10.06.24* | |
| 5. | *Написання розділу «Охорона довкілля»* | | |
| 6. | *Виконання розділу: «Економічна частина»* | *10.06.24-13.06.24* | |
| 7. | *Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому* | *15.06.24* | |

Студент _____ Довгань А. М.
(підпис)

Керівник роботи _____ Оліскевич М.С.

УДК 629.3 : 62-7

Довгань А. М. «Удосконалення технологічного процесу ремонту шин мобільної сільськогосподарської техніки». Дипломний проект. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 65 стор. текс. част., 17 рис., 8 табл., 6 арк. ілюстр. матер., 25 бібліогр. джерел.

Виконано аналіз типових несправностей шин до сільськогосподарської техніки. Встановлено, що гума шин зазнає втомного, абразивного та окиснювального зношування. Встановлено причинно-наслідкові зв’язки між станом експлуатації та виникненням дефектів. Виконано класифікацію можливих дефектів шин, яка дає змогу застосувати диференційований підхід. Ремонт шин тракторів проводиться безпосередньою установкою на них плит вулканізатора, а ремонт шин малогабаритної техніки і камер проводиться установкою їх на вулканізатор. Розроблено конструкцію вулканізатора з пневматиичною подушкою для притискання латки до пошкодження і гнучкого нагрівального елемента з терморегулятором. Розроблено інструкцію з безпечного використання вулканізатора. Розроблено заходи охорони довкілля. Обчислено економічні показники проекту.

ЗМІСТ

ВСТУП ..... 9
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ОБ'ЄКТІВ І ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ ..... 10
1.1 Аналіз особливостей конструкції і типових дефектів шин ..... 10
1.2 Аналіз типових технологій ремонту шин ..... 15
1.2.1 Ремонт шин ..... 15
1.2.2 Технічне обслуговування вулканізатора ..... 17
1.2.3 Методи ремонту шин ..... 17
1.3 Типові технологічні процеси та оснащення дільниць шиноремонту ..... 20
1.4 Загальна інформація про підприємство ..... 22
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ ..... 25
2.1 Удосконалення організації шиномонтажних робіт ..... 25
2.2 Операції відновлення шин ..... 27
2.2.1 Пропозиції щодо змін у технологічному процесі ..... 27
2.2.2 Миття шин ..... 27
2.2.3 Сушіння шин ..... 27
2.3.4 Обробка шин ..... 28
2.2.5 Приготування клею ..... 28
2.2.6 Сушіння клейової плівки ..... 29
2.2.7 Виготовлення пластирів ..... 29
2.2.8 Підготовка листових гум ..... 29
2.2.9 Зароблення внутрішніх пошкоджень і проколів, встановлення пластирів ..... 30
2.2.10 Заробляння нескрізних зовнішніх і внутрішніх пошкоджень ..... 30
2.2.11 Вулканізація ..... 30
2.2.12 Знімання варочних мішків ..... 30
2.2.13 Контроль якості відремонтованих шин ..... 30
2.3 Нормування операцій ..... 31
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВУЛКАНІЗАТОРА ..... 35
3.1 Загальний принцип дії вулканізаторів ..... 35

3.1.1 Загальні відомості ..... 35
3.1.2 Технічні вимоги ..... 35
3.2 Аналіз конструкцій аналогів ..... 35
3.3 Опис будови і принципу використання сконструйованого вулканізатора 41
3.4 Інструкція з використання вулканізатора ..... 43
3.4.1 Призначення і можливості ..... 43
3.4.2 Початкові монтажно-налагоджувальні роботи ..... 44
3.4.3 Підготовчі операції ..... 44
3.5 Обґрунтування параметрів вузканізатора ..... 47
3.5.1 Початкові дані для розрахунку ..... 47
3.5.2 Розрахунок нагрівального елемента ..... 47
3.5.3 Розрахунок на міцність елементів конструкції ..... 49
3.6 Висновки за розділом ..... 51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ..... 53
4.1 Актуальність питання покращення охорони праці на підприємстві ..... 53
4.2 Характеристика технологічного процесу шиноремонтної дільниці ..... 54
4.3 Основні небезпеки шиноремонтної дільниці ..... 55
4.4 Пропозиції щодо удосконалення стану охорони праці на дільниці ..... 56
5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ ..... 58
6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ..... 61
6.1 Розрахунок прямих витрат ..... 61
6.1.1 Витрати на оплату праці ..... 61
6.1.2 Витрати на матеріали ..... 62
6.1.3 Річні витрати на електроенергію, воду, теплопостачання та інші ресурси ..... 62
6.2 Непрямі витрати ..... 64
6.2.1 Витрати на амортизацію основних засобів ..... 64
6.2.2 Накладні витрати підприємства ..... 64
6.3 Сумарні річні витрати ..... 65
6.4 Капітальні витрати ..... 65

6.5. Валові доходи ..... 65
ВИСНОВКИ ..... 68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 69

# ВСТУП

Завдання обслуговування і ремонту техніки полягає в тому, щоб з оптимальними витратами відновити втрачені машиною працездатність і ресурс до рівня нового, або близького до нього. Особливим джерелом економічної ефективності ремонту є повторне використання деталей після ремонту. Це особливо стосується деталей, ресурс яких напряму залежить від напрацювання машини. І, коли трапляється раптова відмова, або поломка/пошкодження, то це суттєво впливає на можливість досягнути максимальної ефективності експлуатації. Тому передбачити і усунути наслідки раптових відмов таких елементів є актуальним питанням експлуатації. Найбільш повно це стосується шин, як елементів мобільних машин, які формують надійність, комфортність, енергозатратність, безпеку та економічність поїздок.

Під час ремонту шин мобільної техніки застосовуються процеси місцевого ремонту, які базуються на вулканізації. Вулканізація є енергомістким процесом, крім того її якість виконання залежить у великій мірі від підготовчих операцій і обладнання. Амортизаційна вартість обладнання переноситься на продукцію. Тому потрібно дотримуватись певного балансу.

Метою даної бакалаврськоїх кваліфікаційної роботи є розроблення такої технології і відповідного технологічного процесу робіт, які забезпечують необхідну якість робіт при мінімізації виробничих витрат.

Об’єктами проектування в даній роботі є процеси відновлення шин для с.г. мобільної техніки при усуненні їх місцевих пошкоджень.

Предмет проектування – залежність ефективності ремонту шин від принципу дії і конструкції технологічного обладнання.

# 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ОБ'ЄКТІВ І ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ

## 1.1 Аналіз особливостей конструкції і типових дефектів шин

На відміну від автомобільних шин, гума для причепа, трактора, комбайна, тягача або іншої сільськогосподарської машини призначена для пересування не рівною дорогою з твердим покриттям, а важкодоступною, болотистою місцевістю. Тому їхня конструкція обов'язково відрізняється від стандартних шин, що встановлюються на легкові автомобілі [2]. Основна відмінність полягає в конструкції, оскільки шини для сільськогосподарських тракторів, тракторів, комбайнів і причепів виготовляють за різними технологіями, щоб якнайкраще відповідати умовам експлуатації.

Гума шин, окрім механічних ушкоджень, одночасно зазнає втомного, абразивного та окиснювального зношування, а також зношування внаслідок скочування (табл. 1.1). Втомлення гуми має місце під час виконання транспортних робіт на дорогах з асфальтобетонним покриттям. Абразивне зношування є характерним для польових пробігів. Зношування внаслідок скочування властиве м'яким гумам, особливо під час роботи зі значними навантаженнями [13].

Таблиця 1.1 – Розподіл відмов шин с.г. техніки за видами

| Вид відмови | % відмов |
|---|---|
| Знос протектора | 44,3 |
| Відшарування протектора або боковини | 3,5 |
| Сколювання протектора, тріщини бігової доріжки | 17,0 |
| Пробої та порізи, зривання гуми протектора або боковини | 20,7 |
| Пробої каркаса | 3,4 |
| Розрив або злом каркаса | 2,5 |
| Тріщини в боковині | 7,7 |
| Обрив борта | 0,6 |
| Руйнування бортового кільця | 0,3 |

Наслідком окислювального зношування є утворення на поверхні шин структурованого шару зменшеної еластичності, який зношується значно інтенсивніше [4].

Дефекти шин, що виникають, можна умовно поділити за джерелом виникнення: в процесі експлуатації, або внаслідок порушення правил зберігання, транспортування або технології виробництва. Крім відомих класифікацій доцільно використати додаткові ознаки. Так, за видом і місцем виникнення дефекти шин можна поділити на 5 класів. Кожен клас, в свою чергу, ми поділили на підкласи.

Клас 1. Пошкодження протектора:

- наскрізний пробій протектора з руйнуванням шарів брекера і розривом каркаса;
- наскрізний пробій протектора;
- знос малюнка протектора;
- посилений знос малюнка протектора по краях бігової доріжки;
- посилений знос малюнка протектора по центру бігової доріжки;
- односторонній знос;
- місцевий знос протектора (плямистий знос);
- викришування гуми малюнка протектора;
- поздовжні (кругові) розрізи, порізи по протектору;
- пилкоподібний знос малюнка протектора;
- руйнування гуми протектора;
- відшарування протектора;
- місцеве відшарування протектора шипованої шини;
- тріщина по дну канавки;
- просвічування і вихід назовні ниток металокорду брекера.

Клас. 2. Пошкодження боковини:

- наскрізне механічне пошкодження в плечовій зоні;
- механічне пошкодження (пробій) боковини;

- дефект від застрявання каменів між здвоєними шинами на задній осі автотранспортного засобу;
- кругове механічне пошкодження боковини;
- здуття по боковині в процесі експлуатації;
- розрив гуми боковини за місцем здуття;
- відшарування гуми боковини від ниток корду каркаса з променевими розривами гуми боковини;
- відшарування гуми боковини;
- дрібна сітка тріщин старіння;
- напливи гуми по боковині;
- бульбашки в гумі боковини;
- здуття по боковині при монтажі;
- стороння включення по боковині.

Клас 3. Пошкодження каркаса:

- розшарування в каркасі внаслідок пошкодження стороннім предметом;
- злам каркаса;
- розбіжність стику каркаса з просвічуванням ниток корду;
- випадання ниток першого шару каркаса;
- перетирає матеріалів бортової зони шини в місці зіткнення з закраиной реборди обода;
- руйнування шини внаслідок перегріву (підвулканізований борт);
- розрив бортового кільця і боковини;
- пошкодження надбортової зони шини;
- розшарування в надбортовой зоні;
- розшарування в надбортовой зоні за місцем напливу гуми боковини;
- деформація бортового кільця.

Клас 5. Руйнування брекера:

- руйнування брекера зі зміною конфігурації профілю шини;
- розшарування в плечовій зоні – розшарування по кромці брекера;

- розшарування між шарами брекера.

Розглянемо детальніше деякі, найбільш поширені дефекти.

Найбільш розповсюджений дефект – наскрізний проріз борта/брекера (рис.1.1).

Причини даного дефекта: наїзд на дорожню перешкоду з ріжучої кромкою. Винуватець – водій.

Рисунок 1.1 – Наскрізний проріз шини [13]

Механічне пошкодження (пробій) боковини шини зустрічається також доволі часто (рис. 1.2). Причини: розрив каркаса внаслідок різкої деформації профілю шини при ударі об дорожню перешкоду; вплив на шину предметів з гострими краями (каменів, металу та ін.). Винуватець – водій.

Рисунок 1.2 – Пробій боковини [13]

Дефект від застрявання каменів між здвоєними шинами. Причини: попадання каміння та інших сторонніх предметів між здвоєними шинами на

задній осі транспортного засобу. Результат – ушкодження боковини, розрив каркаса. Винуватець – водій.

Кругове механічне пошкодження боковини (рис. 1.3).

Причини: пошкодження боковини предметами, що підносяться над дорожнім покриттям; дотик шини об виступаючі деталі автомобіля. Винуватець – водій.

Рисунок 1.3 – Кругове механічне пошкодження боковини [13]

Здуття боковин в процесі експлуатації (рис. 1.4).

Рисунок 1.4 – Здуття боковини [13]

Причини: виробничі – порушення технології виготовлення; експлуатаційні - наїзд на дорожнє перешкоду на високій швидкості руху. Для визначення причин виникнення необхідні додаткові дослідження.

Розрив гуми боковини за місцем здуття. Причини: виробничі – низька міцність зв'язку між гумою боковини і обгумовування корду каркаса; розрідження ниток корду; експлуатаційні – наїзд на дорожню перешкоду [6]. Для визначення причин виникнення необхідні дослідження.

Відшарування гуми боковини від ниток корду каркаса з променевими розривами гуми боковини. Причини: виробничі – порушення технології виготовлення; експлуатаційні – експлуатація шини з навантаженням вище встановлених норм або зі зниженим щодо норми внутрішнім тиском. Для визначення причин виникнення необхідні дослідження.

Дрібна сітка тріщин старіння. Причини: виробничі – порушення рецептурного складу гумової суміші боковини, недостатня кількість противостарителей; експлуатаційні – тривалий вплив прямих сонячних променів, можливо вплив окислюють рідин. Для визначення причин виникнення необхідні дослідження.

Напливи гуми по боковині. Причини: Порушення технології при виготовленні шини.

Бульбашки в гумі боковини. Причини: Порушення технології при виготовленні шини.

Вздуття в боковині при монтажі. Причини: Порушення технології при виготовленні шини.

Чужорідне включення по боковині. Причини: Порушення технології при виготовленні шини або низька культура виробництва.

Пошкодження надбортової зони шини. Причини: застосування обода з іржавої, деформованої закраиной реборди. Винуватець – водій.

Розшарування в надбортовій зоні. Причини: виробничі - порушення технології при виготовленні шини; експлуатаційні - перегрів гальм і ободів в результаті тривалого гальмування або несправності гальм (при цьому відбувається розтріскування підстави борту і можлива зміна кольору гуми бортовий частини). Для визначення причин виникнення необхідні дослідження.

## 1.2 Аналіз типових технологій ремонту шин

### 1.2.1 Ремонт шин

Ремонт шин с.г. техніки і тракторів проводиться безпосередньою установкою на них плит вулканізатора, а ремонт шин с.г. техніки і камер проводиться установкою їх на вулканізатор [8]. Вулканізатор встановлюється на опорі (рис.1.5) яка може бути укріплена на верстаті або якої-небудь опори, або закріплений за допомогою кронштейна на стіні.

Рисунок 1.5 – Вулканізація шини [13]

Для підключення вулканізатора в електромережу необхідно встановити пристосування в зручному для місці і приєднати його до електромережі.

Порядок роботи при вулканізації є такий:

1) Підготувати пошкоджену ділянку шини або камери для вулканізації;

2) Підготовлену ділянку шини розміщують між двома нагрівальними плитами. При цьому встановлюють нижню плиту на необхідну висоту за допомогою штанги, фіксуючи її положення фіксатором, на плиту встановлюють необхідну накладку. На зовнішню поверхню ремонтованої ділянки шини накладають алюмінієвий лист, на нього рекомендується укладати вирівнюючу подушку (мішечок заповнений піском або алюмінієвою стружкою) опускають на неї верхню плиту;

3) Підключити електровулканізатор до мережі.

### 1.2.2 Технічне обслуговування вулканізатора

Поверхня плит повинна бути постійно чистою. Пригорілу до плити гуму слід акуратно видалити, а потім це місце протерти ганчіркою, змоченою в бензині, попередньо охолодивши апарат до температури повітря. Систематично електровулканізатор протирати ганчіркою, видаляючи пил і бруд. Не рідше одного разу на місяць змащувати тертьові поверхні натискного пристрою. У міру необхідності проводити перевірку робочої поверхні нагрівальних плит за допомогою ртутного термометра зі шкалою 0-2000С. Регулювання виробляти на відключеному від мережі вулканізатор. Забезпечення заданої температури досягається поворотом регулювального гвинта терморегулятора (поворот гвинта за годинниковою стрілкою - зниження температури, поворот гвинта проти годинникової стрілки - підвищення температури). Поворот гвинта виробляти плавно в секторі 900.

### 1.2.3 Методи ремонту шин

Є кілька способів закрити прокол або поріз в велосипедної камері, один з яких – гаряча або холодна вулканізація шин [5]. Такий метод можна з упевненістю назвати надійним і довговічним, колесо, закріплене за допомогою сирої гуми, буде служити як нове і не спустить в найнесподіваніший момент. Гарячий метод вулканізації відрізняється від холодного тільки тим, як закріплюється накладається на колесо латочка - з нагріванням або без [7].

Вулканізація – це такий хімічний процес, завдяки якому, при витраті тепла, властивості міцності гуми поліпшуються, вона стає еластичною і твердою. Накласти латку на прокол можна за допомогою відрізка старої камери або готової заплатки з ремонтного набору, а для їх закріплення необхідна сира гума своїми руками, яка продається в рулонах із захисною плівкою. Це дуже пластичний матеріал, він прилипає до будь-яких поверхонь, легко зліплюється в грудку і т.д. сира гума інструкція із застосування вказана на упаковці.

Застосування холодної вулканізації. Матеріал для такого ремонту з'явився ще в 1939 році в США, майже відразу почав з успіхом застосовуватися і користується популярністю у велосипедистів і автомобілістів по всьому світу і до цього дня [4]. З його допомогою можна легко і безпроблемно відремонтувати будь-яку камеру, холодний спосіб дуже легкий до застосування в домашніх умовах. Для зручності споживачів деякі виробники пропонуються відразу готові набори для ремонту (холодна сира гума інструкція із застосування вказана на упаковці), в який входять кілька латок різних розмірів у вигляді пластиру, шкурка (наждачний папір), яка використовується для зачистки місця проколу або подряпини на гумі , а також спеціальний швидковисихаючий клей для холодної вулканізації. Саме він вступає в реакцію з шаром сирої гуми на виправлення цієї - вона нанесена яскравим кольором навколо чорного. Це викликає процес вулканізації, завдяки чому гума камери легко склеюється без нагріву (тобто холодним способом). Така технологія застосовується дещо довше, ніж холодна.

Технологія застосування гарячої вулканізації сирої гуми виявиться на 40% ефективніше для шини, ніж холодна, тому, якщо є можливість, користуватися краще цим методом.

Найбільш розповсюдженим є одноетапний метод ремонту шин (метод «Термопресс»). Цей метод був розроблений спеціально для українських доріг з урахуванням їх національних особливостей. Від «холодної» вулканізації він відрізняється тим, що «гаряча» вулканізація сирої гуми і хімічна вулканізація пластиру йдуть одночасно під тиском 4 кг/см і температурі 130-150°С. На ремонт шини малого радіусу потрібно від 40 до 90 хв., а для вантажних шин необхідно 2-4 години, в залежності від товщини ремонтованої ділянки.

Для роботи цим методом розроблені вулканізаційні системи для всього спектру розмірів шин [13]:

- «Термопресс-19» для шин позашляховиків і вантажних автомобілів;

- «Термопресс-520», «Термопресс-820» і «Термопрес-1100» для ремонту вантажних, сільськогосподарських і кар'єрних шин;
- «Термопресс-К» для ремонту шин кар'єрних самоскидів, грейдерів та іншої колісної спецтехніки.

Безперечною перевагою одноетапного методу є підвищена міцність зв'язку пластиру з шиною, більша, ніж при холодному ремонті. Це стає можливим завдяки тому, що пластир, клеї і сира гума одночасно прогріваються під тиском, що в рази підвищує активність клею, а хімічні шари пластиру «вплавляется» в шину.

Час ремонту при цьому буде мінімальним, тоді як технологія «холодної» вулканізації вимагають витримки пластиру протягом не менше 24 годин.

Важливий і той факт, що одноетапні метод дозволяє виправити помилки, допущені при підготовці шини, навіть на останній стадії ремонта. Коли зона і пластир одночасно прогріваються під тиском, відбувається різке збільшення міцності з'єднання пластиру з шиною. Зростання міцності з запасом перекриває наслідки помилок, допущених в процесі ремонту.

Якщо порівнювати дві технології ремонту, почати слід з основного відмінності. При одноетапному методі ремонту пластир і клей нагріваються до високої температури під тиском, а при двохетапному – немає. Переваги одноетапного методу над «холодною» вулканизацією:

1) При нагріванні місця ремонту вище 60° С відбувається розширення повітря, що залишилося під пластиром. Далі розігріте повітря збільшується в об'ємі і видавлюється з-під пластиру. У міру витіснення повітря, розігрітий хімічний шар пластиру рівномірно заповнює всі порожнечі. В результаті з'єднання ремонтної поверхні з хімічним шаром відбувається на більшій площі. На практиці площа з'єднання стає на 4-7% більше площі пластиру. Безумовно, це підвищує якість ремонту.

2) Після того, як розігріте повітря під тиском було видавлене з-під пластиру, в пустотах при охолодженні утворюється вакуум і пластир

присмоктується до ремонтної поверхні. Ефект присмоктування збільшує міцність з'єднання пластиру і шини.

3) Питома відривна сила навантаження, яке діє на хімічний шар (який завжди є найслабшим місцем в конструкції пластиру), знижується обернено пропорційно збільшенню площі зчеплення (тобто на 47%). Чим більше площа контакту, тим менше відривна навантаження на хімічний шар [2].

4) На якість ремонту суттєво впливає і щільність стиснення самого хімічного шару, який при нагріванні під тиском, яка завжди буде на 20-30% міцніше хімічного шару, завулканізована «на холодну» без тиску.

5) Крім того, нагрівання різко підвищує активність клею і покращує сполучні якості хімічного шару пластиру, що дозволяє впевнено перекривати всі можливі помилки майстра, допущені в процесі ремонту.

6) Нагрівання пластиру під тиском руйнує жирову плівку від випадкового дотику до нього руками.

Таким чином, нагрівання під тиском забезпечується одноетапною технологіїєю ремонту і створює ряд незаперечних технологічних переваг.

Недоліки "холодної" вулканізації:

1) Пластир не нагрівається і тому площа його контакту з зачищеною поверхнею менші;

2) Під пластиром завжди залишається повітря. Його кількість залежить від акуратності зачистки і жорсткості накладеного пластиру. За даними фірми TECH, навіть під м'якими пластирами залишковий повітря займає до 7% площі. Відповідно, під жорсткими пластирами Tip-Top пустот залишатиметься ще більше. Що залишився під пластиром повітря при нагріванні шини під час їзди буде розширюватися і прагнути вийти назовні.

## 1.3 Типові технологічні процеси та оснащення дільниць шиноремонту

Дільниці шиноремонту мають технологічну подібність до типових проектів дільниць. Проектна потужність дільниці призначена для виконання таких робіт:

- розбирання пошкоджених коліс;
- ремонт дисків камерних/безкамерних коліс;
- балансування, накачування повітрям шин;
- підготовка шин до відновлення;
- складання відремонтованих деталей коліс.

Типовий проект шиноремонтної дільниці подано на рис. 1.6.

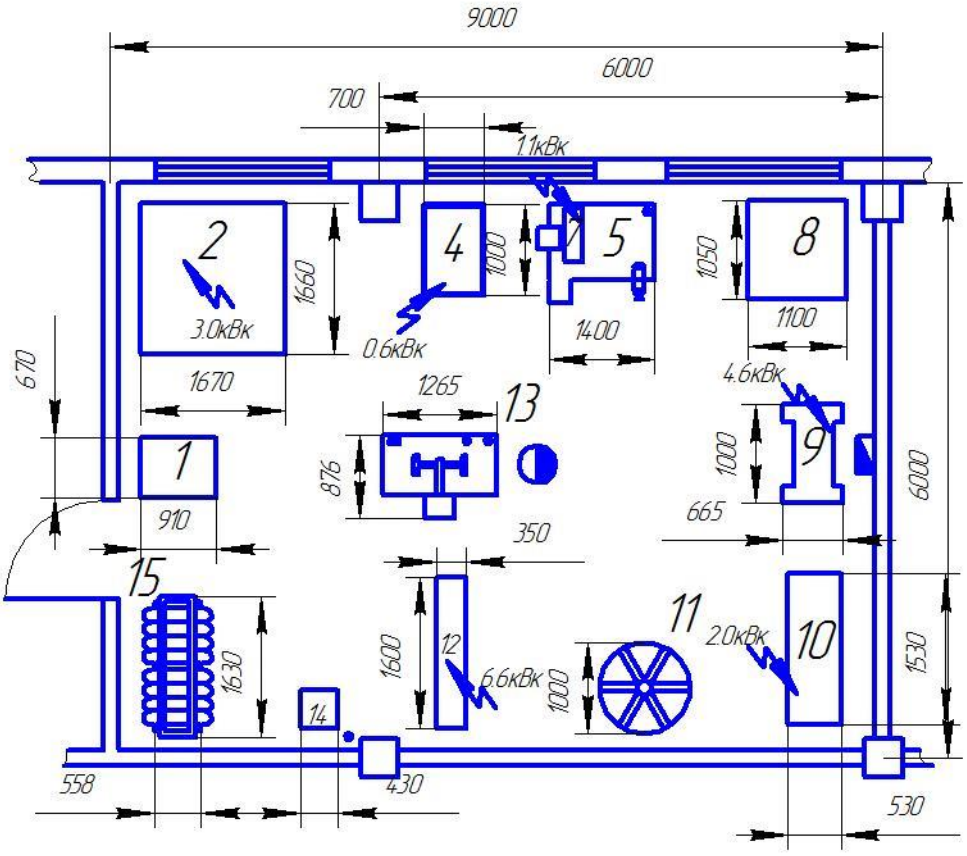


Рисунок 1.6 – Типовий план шиноремонтної дільниці: 1 – скриня для інструментів; 2 – шиномонтажний верстат; 3 – вентиляція; 4 – верстат для рихтування дисків; 5 – слюсарний верстат; 7 – шліфувальна машина ручна; 8 – мийна ванна; 9 – шліфувальний верстат; 10 – вулканізатор; 11 – оглядовий стенд; 12 – клітка для накачування; 13 – шиномонтажний верстат для шин великих розмірів; 14 – криня для відходів; 15 – стелаж для зберігання коліс.

Більшість операцій – прості за виконанням, і не потребують високої кваліфікації, реалізуються за індивідуальними програмами. Серед спеціального обладнання використовують шиномонтажний стенд, балансувальний стенд, стенд для рихтування коліс, фарбувальну установку. Виробнича програма ремонту шин автомобілів не перевищує обсягу 4000 штук/рік. Типовий технологічний процес складається з таких етапів.

Шина, що надходить у ремонт, повинна бути ретельно очищена від бруду та інших сторонніх включень. Для очищення коліс використовують спеціальні мийні машини. Для очищення використовується холодна вода та гранульований пластик, що забезпечує високу якість очищення. Машини використовують замкнутий цикл миття. Воду замінюють лише після 300 циклів миття.

Під час приймання в ремонт шину оглядають із зовнішнього та внутрішнього боків, виявляючи характер і розміри пошкоджень. Огляд шин зручно проводити на спеціальних столах. Внутрішні розшарування визначають простукуванням на наявність глухого звуку або ж з використанням ультразвукового дефектоскопа.

### 1.4 Загальна інформація про підприємство

ТОВ «Профіль Пласт» – шиноремонтний завод, що спеціалізується на регенерації шин великих розмірів холодним методом. Виробничі потужності підприємства займають понад 900 кв.м, а загальна площа приміщення – більше 3 тис. кв.м.

Юридична адреса: м. Львів, вул. Пластова, 23.

Фактична адреса: 81054, Львівська обл., Яворівський р-н, м. Новояворівськ, вул. Мазепи, 12

Види діяльності

22.11 — Виробництво гумових шин, покришок і камер; відновлення протектора гумових шин і покришок

45.20 — Технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів

46.90 — Неспеціалізована оптова торгівля

47.19 — Інші види роздрібної торгівлі в неспеціалізованих магазинах.

Підприємство (рис.1.7) пропонує якісні відновлені шини (наварку) для с.г. техніки, вантажних автомобілів, автобусів. Продукція заводу відзначається високою якістю та надійністю. Підприємство працює з роздрібними і гуртовими замовленнями.

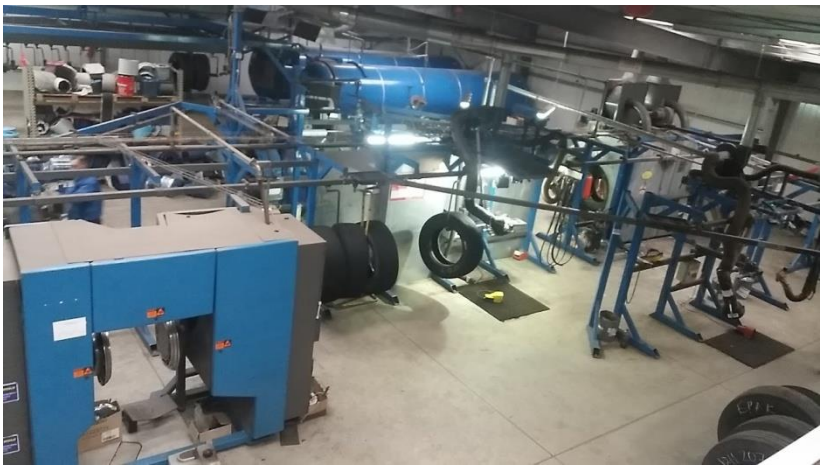

Рисунок 1.7 – Виробниче приміщення заводу

Також пропонуються вантажні шини нові і бувші у вжитку.

Основні види послуг, які надаються підприємством:

- зовнішнє миття і очищення тракторів, с.г. машин, автомобілів, прибирання салону, кузова, санітарне очищення;
- діагностування ходової частини, визначення геометрії ходової частини;
- регулювання параметрів встановлення керованих коліс;
- ремонт агрегатів ходової частини і трансмісії;
- приймання в ремонт окремих агрегатів ходової і трансмісії (переднього і заднього мостів, балок, карданної передачі, підвіски, коліс);
- відновлювальний і місцевий ремонт шин;

- ремонт дисків коліс.

# 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

## 2.1 Удосконалення організації шиномонтажних робіт

Шиноремонт є частиною робіт по ремонту коліс.

Види виконуваних робіт:

1) Зняття і установка колеса;

2) Мийка колеса;

3) Розбирання колеса і його дефектовка;

4) Ремонт камер, шин, дисків;

5) Збірка колеса;

6) Балансування;

Для організації шиноремонтних робіт потрібно дотримуватись таких технічних вимог (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 – Технічні вимоги до шин, які пройшли ремонт місцевих пошкоджень

| Найменування можливих дефектів | Шини тракторів і с.г. машин | Шини автомобільні діагональні і радіальні |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Пошкодження борта, скривлення каркасу, невідремонтовані пошкодження каркасу і гуми боковини, недовулканізація, недопресовки, раковини і розширування гуми і пластиря, губчастість, надриви по кромках пластиря, провали, горбики, складки на поверхнях пластиря та інші дефекти | не допускаються | не допускаються |
| Різниця в рисунку протектора на відремонтованім проміжку і по всій покришці | Не допускаються | Не допускаються |
| Недопресовки, раковини, вздуття на зовнішніх ділянках: | Не допускаються | Не допускаються |
| допускається кількість для кожного проміжку | 2 | 2 |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| допускається глибина дефекта, мм | 3 | 3 (для шин вантажних автомобілів і автобусів)<br>2 (для шин шин легкових автомобілів |
| допускається площа дефекта, $см^2$ | 1,0 | 1,0 |
| Складки на поверхні пластиря: | | |
| допустима ширина, мм | 3 | - |
| Нерівності на поверхні пластиря: допустима висота, мм | 4 | 3 |
| Допустима ширина оголених ділянок шорохованої поверхні по границях, мм | 5 | - |
| Допустиме зміщення рисунка протектора по висоті, мм | 5 | - |
| Допустимі розміри напливів гуми на нешероховані ділянки в зоні ремонту: | | |
| товщина, мм | 1 | - |
| ширина, мм | 10 | - |
| Деформація бортів | Допускається на 1/5 довжини округлості борта за стрілою прогину до 10мм | У шин для вантажних автомобілів і автобусів допускається 1/5 довжини округлості борта зі стрілою прогину до 10мм. У шин легкових автомобілів допустима стріла прогину – до 5мм |
| Твердість гуми на відремонтованій ділянці, одиниць | 50-65 | 53-65 |

## 2.2 Операції відновлення шин

### 2.2.1 Пропозиції щодо змін у технологічному процесі

Пропонується впровадити нові заходи у технологічному процесі. При огляді шин визначають, чи цілий дротяний средечник бортів, виявляють зовнішні і внутрішні пошкодження (проколи, порізи, розрізи, взломи каркаса, розшарування, руйнування і міцність ниток корда, пошкодження бортів); використовуючи щуп або шило, встановлюють глибину і напрямок пошкоджень протектора, брекера і каркаса, попередньо розрізаючи їх ножем; визначають відстань між пошкодженнями, степінь підгнивання каркаса і степінь старіння покривних гум. Для виявлення прихованих дефектів шин (внутрішніх розшарувань каркасу і брекера, відшарування протектора) використовують спеціальні пневмодефектоскопи, установки ультразвукової дефектоскопії. Прийняті в ремонт шини маркують фарбою і вказують вид ремонту і номер замовлення. Після маркування прийняті шини скеровують на миття.

### 2.2.2 Миття шин

Для якісного ремонту шин необхідно, щоб поверхні їх ділянок і матеріалів, які використовуються в ремонті, були якісно очищені. Миття проводять в спеціальних мийних машинах різноманітних типів і конструкцій. Шини мають теплою водою (40-50°С), яка надходить під тиском близько 1,5МПа, за допомогою обертових, або гумових щиток. У всіх мийних машинах передбачений механізм обертання шин. Вода з вимитих шин відсмоктується ежекційним пристроєм, який закріплений на рухомому шлангу. Час миття шин коливається від 2 до 10 хв. Миття можна здійснювати, також, вручну.

### 2.2.3 Сушіння шин

Вимиті шини сушать для видалення вологи як із зовнішньої, так і з внутрішньої сторони. Вологість каркаса не повинна перевищувати 3-5%. Шини сушать в конвективних (з калориферним обігрівом і приточно-витяжною вентиляцією) сушильних камерах при температурах повітря +40-60°С, або 70-80°С і відносною вологістю 20-40% впродовж 24-48 год, а також терморадіаційних сушильних камерах з електронагрівачами на протязі 6-8 год. Коли спеціальних сушильних камер немає, тоді шини сушать в звичайних опалювальних приміщеннях при температурі навколишнього середовища 18-20°С впродовж 1-2 діб. Якість сушіння перевіряють спеціальним приладом-вологометром в двох протилежних точках.

2.3.4 Обробка шин

Обробка (вирізання і шорохування пошкоджених ділянок). застосовують декілька способів вирізання пошкоджень. Вибір способу вирізання, найоптимальнішого для кожного конкретного випадку, залежить від типу шин, які ремонтуються, характеру пошкоджень, величини зношень, розміру і місця розміщення пошкодження. Розрізняють три групи способів вирізання пошкоджень шин: способи, які використовуються для наскрізних зовнішніх, наскрізних внутрішніх і наскрізних пошкоджень шин [5].

Шорохування. Основне призначення шорохування полягає у створенні в зоні розміщення вирізаного місцевого пошкодження, або в зоні накладання нового протектора розвинутого мікрорельєфа, який б забезпечував отримання високої міцності зв'язку між покришкою і використаними шиноремонтними матеріалами.

2.2.5 Приготування клею

Клей приготовляють в металевих місткостях кришками, які можна щільно закрити. Для цього клеєву гуму, нарізану кусочками розміром не більше 30×30 мм, підігрівають до 30-35°С, поміщають в місткість і заливають бензином до

повного занурення. Кожні 2 години вміст місткості перемішують, добавляючи невеликі порції бензину "галоша". Через 24 години в місткість доливають решту бензину, продовжуючи перемішувати вміст до утворення однорідної маси клею. В'язкість приготовленого гумового клею перевіряють віскозиметром Свєтлова при кімнатній температурі.

2.2.6 Сушіння клейової плівки

Місця, намазані клеєм, сушать впродовж 20-30 хв на спеціальних обігрівних плитах з температурою поверхні 40-60°С під зонтами витяжної вентиляції до повного висихання клейової плівки і відповідного підігріву загатовок протектора.

2.2.7 Виготовлення пластирів

Гумові невулканізовані пластирі виготовляють шляхом накладання один на одного декількох різних по розміру шарів обгумованого корду. Нумерацію шарів пластиря починають з найменшого по розмірам. Пластирі виготовляють шляхом розрізання обрезиненого корду на полоси необхідної довжини і ширини. Розрізання полоси корда освіжають бензином і накладають один на одного до набору необхідної довжини і ширини. Збирання пластирів необхідно починати з полос невеликого розміру. Кожний накладний шар пластиря необхідно прокатувати роликом від центру до країв, видаляючи повітря, яке появилось між шарами.

2.2.8 Підготовка листових гум

Листові гумові суміші, обгумований корд і прогумований гефер звільняють від прокладного матеріалу і розрізають на полоси потрібної довжини і ширини. Нарізані полоси протекторної гумової суміші і прогумованого гефера послідовно з двох сторін промазують клеєм і сушать на столах і стелажах при кімнатній температурі. Полоси листової гуми і

прогумованого корда клеєм не змазують, а освіжають з двох сторін бензином і сушать.

2.2.9 Зароблення внутрішніх пошкоджень і проколів, встановлення пластирів

Зароблення пошкоджень – одна з найбільш відповідальних операцій місцевого і відновного ремонту шин.

2.2.10 Заробляння нескрізних зовнішніх і внутрішніх пошкоджень

Заробляння зовнішніх пошкоджень шин починають в першу чергу із наскрізних і великих за розміром пошкоджень. Такі пошкодження, якщо вони зачіпають більш як 25% шару кркаса на шиноремонтних підприємствах заробляють методом лиття гумової суміші під тиском.

2.2.11 Вулканізація

Це також одна із найбільш відповідальних операцій. Для вулканізації місцевих пошкоджень шин використовують електричні, або парові секторні вулканізатори (мульди) різноманітних типів і конструкцій. Мульди бувають універсальні (типу ШМУ) і спеціалізовані (типу ШМ). Для вулканізації зовнішніх пошкоджень використовують настільні електровулканізаційні установки різноманітних типів.

2.2.12 Знімання варочних мішків

Після закінчення процесу вулканізації покришку виймають із мульди і, розвівши борти ручним борторозширювачем, видаляють варочний мішок.

2.2.13 Контроль якості відремонтованих шин

Відремонтовані шини старанно оглядають із зовнішньої і внутрішньої сторін при використанні ручних борторозширювачів, або верстати для огляду шин. Відремонтовані шини не повинні мати дефектів, які б перешкодили їх нормативній експлуатації (табл 2.2).

Таблиця 2.2 – Операції відновлення шин

| № операції | Зміст операції | Обладнання | Час, хв |
|---|---|---|---|
| 1 | Прийом шин в ремонт (огляд, вибір способу ремонту) | візуально | 8 |
| 2 | Миття шин | Мийна машина | 6 |
| 3 | Сушіння шин | конвективна сушильна камера | 14 |
| 4 | Обробка (вирізання і шорохування) пошкоджених ділянок | рашпільна шарошка | 30 |
| 5 | Приготування клею | металічні ємкості | 1440 |
| 6 | Сушіння клейової плівки | сушильні камери | 20 |
| 7 | Виготовлення пластирів | - | 30 |
| 8 | Підготовка листових гум | спеціальні стелажі | 20 |
| 9 | Зароблення внутрішніх пошкоджень і проколів | спредери | 30 |
| 10 | Зароблення несквозних зовнішніх і сквозних пошкоджнь | спеціальні установки | - |
| 11 | Встановлення варочних мішків | - | 10 |
| 12 | Вулканізація | вулканізатори | 130 |
| 13 | Знімання варочних мішків | - | 8 |
| 14 | Контроль якості шин | верстак для огляду, борторозширювачі | 10 |

## 2.3 Нормування операцій

Норму часу визначають за формулою [12]:

$$T_н = T_о + T_д + T_{вулк} + T_{дод} + T_{пз}/Z_в \,, \qquad (2.1)$$

де $T_о$ – основний час, хв;

$T_д$ – допоміжний час, хв;

$T_{вулк}$ – час вулканізації, який складається з часу нагрівання, вулканізації і остигання, хв;

$Z_d$ – кількість апаратів.

Основний і допоміжний час визначають за даними хронометражних спостережень, або за таблицями нормативів [12]. Додатковий час беруть у процентному відношенні до оперативного і визначають за формулою:

$$T_д = \frac{T_о \cdot \delta_1}{100}, хв., \quad (2.2)$$

де $\delta_1$ – відношення додаткового часу до оперативного.

При вулканізаційних роботах на парових апаратах $\delta_1$=10%, а на електричних – 6%. При роботі на парових вулканізаторах $T_{дод} = 0{,}1 \cdot T_{оп}$, а на електричних – $T_{дод} = 0{,}06\ T_{оп.}$ Підготовчо-заключний час на вулканізаційні роботи беруть у таких розмірах: на парових – 8хв, електричних – 6хв. Час вулканізації обчислюємо за формулою [10]:

$$T_{вулк} = \frac{K_{вулк}}{100} \cdot T_{вулк,н}, хв., \quad (2.3)$$

де $T_{вулк,н}$ – час вулканізації, що не перекривається (береться з довідників), хв;

$K_{вулк}$ – коефіцієнт, який враховує процент часу вулканізації. Значення цього коефіцієнта приводяться в табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнта часу вулканізації залежно від типу вулканізаційної апаратури

| Тип апарата | Коефіцієнт вулканізації |
|---|---|
| Електричні: 6134 | 5 |
| 6140 | 3 |
| 6138 | 2 |
| Паровий, або електропаровий | 1 |

Нормувати зазанчені роботи можна також за укрупненими нормативами. У цьому випадку норми виробітку визначають за формулою:

$$T_н = Z_{ре} \cdot T_{ре}, \quad (2.4)$$

де $Z_{ре}$ – кількість ремонтних одиниць на ремонт однієї шини, або камери;

$T_{ре}$ – норма часу на одну ремонтну одиницю.

Під ремонтною одиницею розуміють пошкодження, яке вкладається в квадрат із сторонами 10×10 см. Для прикладу розрахуємо норму часу на ремонт камери з кількістю ремонтних одиниць 12. Склад роботи є наступним:

приймання камери, видалення старих латок, зовнішнє шорохування, установлення та знімання з вулканізаційною апаратури, перевірка якості роботи. За таблицею визначаємо норми часу на вищезгаданий склад роботи [12]. Вона буде дорівнювати: $T_н = 0,15 + 0,07 + 0,22 + 0,1 + 0,15 = 0,69$ хв.

Норма часу на ремонт усієї камери буде становити, згідно формули 2.4: $T_н = 12 \cdot 0,69 = 8,3$ хв.

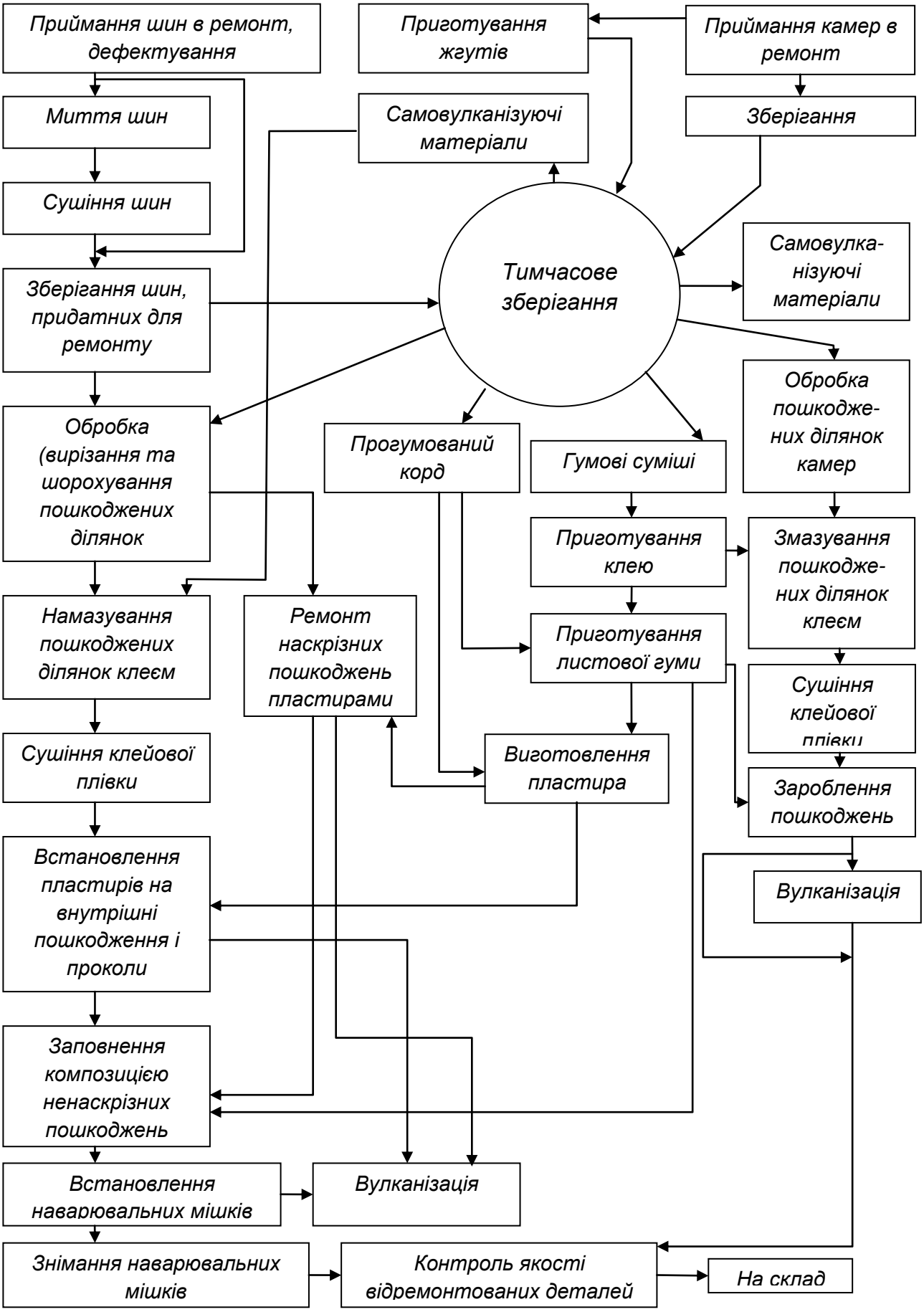


Рисунок 2.1 – Удосконалена схема робіт шиноремонтної дільниці

# 3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВУЛКАНІЗАТОРА

## 3.1 Загальний принцип дії вулканізаторів

### 3.1.1 Загальні відомості

Вулканізатор – це апарат для ремонту камер автомобілів за допомогою взаємодії каучуку з вулканизуючим агентом, при якому відбувається зшивання молекул каучуку в єдину просторову сітку [5]. При цьому підвищуються міцнісні характеристики каучуку, його твердість і еластичність, знижуються пластичні властивості, ступінь набухання і розчинність в органічних розчинниках. Вулканізуючими агентами можуть бути: сірка, пероксиди, оксиди металів, сполуки амінного типу та інші. Застосування вулканізаторів дуже поширене, будь-яка фірма, яка займається транспортом має у себе в штаті вулканізатор і вулканізаторника.

### 3.1.2 Технічні вимоги

Вулканізатор повинен задовольняти декільком вимогам це:

- можливість ремонту різного діаметру шин і камер;
- нагрівальний елемент повинен набирати і підтримувати температуру приблизно 140-150 ºС на протязі всього процесу вулканізації;
- повинен бути терморегулятор і таймер;
- невелика вага;
- малі габаритні розміри;
- зручність роботи на ньому;
- можливість установки його як на стіні так і на столі;
- можливість роботи з готовими ремонтними матеріалами такими як латки для камер.

## 3.2 Аналіз конструкцій аналогів

Вулканізатор AE & T XB-20-A являє собою раму з встановленим на ній нагрівальним елементом з таймером TIMER V 3.0 DEC 2008, притискним гвинтом з ручкою. Він повинен забезпечувати якісну вулканізацію камери без перегріву каучуку. Вулканізатор повинен володіти такими технічними характеристиками: температура нагріву 140-150ºС; притискна сила не менша 4500 Н споживана потужність не більше 400 Вт. Необхідних характеристик добитися не становить труднощів оскільки нагрів контролюється регулятором температури при досягненні 145ºС він утримується в заданому режимі. Необхідне притискне зусилля забезпечується за рахунок гвинта який притискає через притискний майданчик камеру до нагрівального елементу. Проведений пошук аналогів показав, що є серійний стенд для вулканізації, який показаний на (рис. 3.1) і являє собою струбцину з двома нагрівальними елементами, що володіє відповідними технічними характеристиками. Переваги даного стенду – в наступному: Простий у виготовленні. Швидко стискає деталь, дозволяє максимально зручно зафіксувати шину, або камеру між нагрівальними елементами. Недоліки даного стенду: немає фіксації на стіні або столі, що може привести до перекосу латки внаслідок неякісного ремонту. Немає таймера автоматичного відключення [13].

Рисунок 3.1 – Вулканізатор AE&T XB-20-A

Відомий також стенд Сорокіна 15.66 (рис. 3.2), який являє собою струбцину з нагрівальний елементом встановленим в нижньому майданчику, що володіє допустимими технічними характеристиками. Переваги даного стенду Даний стенд має нагрівальну майданчик досить великого розміру що дозволяє ремонтувати досить великі пробої шин. На даному стенді гвинтовий притиск дозволяє створити велике зусилля. Є можливість приварювання ніпеля. Недоліки стенду в тому що: немає автоматичного режиму вулканізації. Також стенд деформує шини при вулканізації.

Рисунок 3.2 – Стенд Сорокіна 15.66 [13]

Вулканізатор (рис. 3.3) призначений для ремонту камер вело-, мото-, авто- і інших видів техніки методом гарячої вулканізації.

Рисунок 3.3 – Вулканізатор "Гном" [13]

Оснащений механічним таймером для контролю часу вулканізації та автоматичного вимкнення по завершенню заданої програми. Нагрівальні елементи виготовлені з імпортних комплектуючих, які з високою точністю забезпечують необхідне технологічне час і температурний режим. Являє собою струбцину з нагрівальний елементом встановленим на притискному гвинті, що володіє допустимими технічними характеристиками. Переваги даного вулканізатора. Коли нагрівальний елемент розташований зверху це дозволяє рівно розташувати латку по відношенню до нагрівального елементу. Притискний механізм тут – дуже зручний і дозволяє створити необхідне зусилля.

Вулканізатор (рис. 3.4) призначений для ремонту камер і пошкоджень шин легкових автомобілів, мікроавтобусів, вантажних автомобілів, для виготовлення фланців вентилів і при вулканізації їх до камер в умовах автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування. При роботі з вулканізатором передбачені додаткові накладки і прес-форми. При ремонті шин і камер необхідно створити монолітне з'єднання ремонтного матеріалу з ремонтованими ділянками і надати пластичності сирій гумовій суміші ремонтного матеріалу; необхідну еластичність і міцність, що досягається притисненням ремонтної суміші до ремонтованої ділянки з

необхідним зусиллям в межах 0,15-0,2 МПа і нагріванням її до певної температури 140±10ºС протягом певного проміжку часу. У даній моделі вулканізатора притиск матеріалу здійснюється за допомогою гвинтового притиску, а нагрів – за допомогою трубчастих електронагрівачів (ТЕН), розташованих в корпусах двох робочих плиток. Підтримка необхідної для вулканізатора температури досягається за рахунок роботи терморегулятора з біметалічною пластиною встановленого у верхній нагрівальній плиті. Для установки нижньої нагрівальної плити на необхідну висоту в комплект змінних частин входить рухома штанга 20. Включення вулканізатора в мережу здійснюється вилкою 14. Для відключення нижньої нагрівальної плити служить тумблер 16.

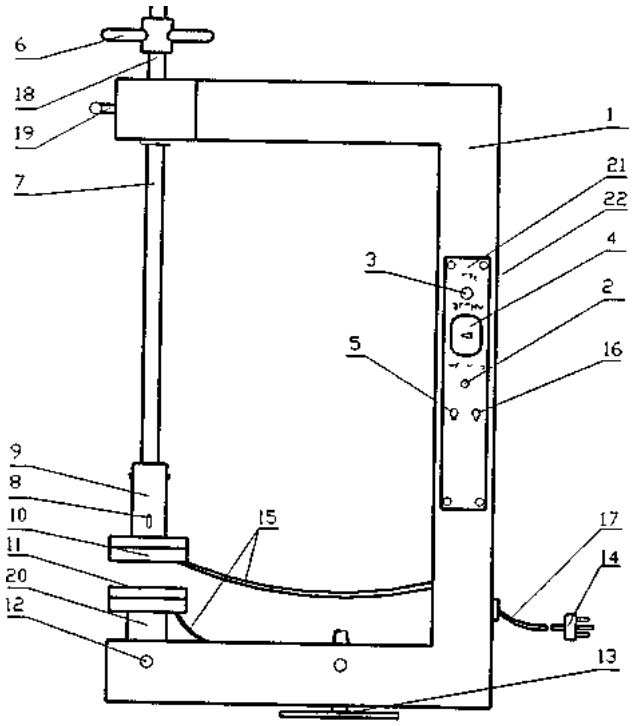


Рисунок 3.4 – Вулканізатор настільний: 1 – скоба; 2 – світлодіод нагріву; 3 – світодіод мережі; 4 – реле часу; 5 – запобіжник; 6 – маховик; 7,20 – штанга; 8 – індикатор тиску; 9 – перехідник; 10 – плита нагрівальна верхня; 11 – плита нагрівальна нижня; 12 – фіксатор; 13 – опора; 14 – вилка штепсельна; 15 – кабель; 16 – тумблер; 17 – шнур електричний; 18 – гвинт; 19 – фіксатор; 21 – панель управління; 22 – кронштейн.

Розрізняють вулканізатори, які підходять для роботи як з с.г. технікою, так і з тракторами. Перші представлені найчастіше компактними приладами, працюють від однофазної мережі. Потужність їх коливається від 0,2 до 1 кВт. Температура нагріву не перевищує 150 градусів, а робочий тиск коливається в межах 3,5-5 кН. Для монтажу не потребують вантажного устаткування і спеціальних кріплень [6].

Вулканізатори для роботи з шинами від тракторів і комбайнів виділяються великими габаритами, а для їх монтажу необхідно використовувати спеціальний навантажувач. Підключається він тільки до трифазної мережі, а потужність коливається від 1,2 кВт до 15 кВт. Остаточна потужність підбирається в залежності від розміру шин, їх товщини і маси. Шини переміщаються за допомогою двигуна, тоді як робоча температура нагріву практично не відрізняється від вулканізаторів для роботи з шинами від легкових автомобілів.

Виділяють також наступну класифікацію вулканізаторів:

- переносний – актуальний для невеликих станцій. Оснащений міцною металевою рамою, ручним гвинтовим притиском, двома нагрівальними пластинами. Дозволяє працювати з шиною в будь-яких умовах, в тому числі від вантажних авто;
- настільний – за габаритами майже не відрізняється від переносного. Комплектуючі – міцніші і доповнені спеціальною жорсткою рамою для прикручування до столу і ширшим профілем, який витримує вагу використовуваних шин. Нагрівання може бути як одностороннім, так і двостороннім. Притискається шина з допомогою гвинтової рукоятки або важеля, що дозволяє регулювати силу впливу. Додатково оснащений таймером, для відстеження часу нагріву без присутності оператора;
- напідлоговий – корпус пристрою кріпиться на спеціальній станині, що забезпечує додаткову міцність. Підлоговий вулканізатор виділяється

великим функціонуванням для полегшення проведеного ремонту, наприклад автоматичне коректування температури впливу в процесі нагрівання.

### 3.3 Опис будови і принципу використання сконструйованого вулканізатора

Вулканізатор (аркуш 01.36.393/к-с.16.00.00.000СК) складається з рами 1, яку можна горизонтально котити, оскільки вона оснащена чотирма підпружиненими роликами, які можуть вільно обертатись відносно вертикальної зміщеної осі. Крім того, раму можна зафіксувати в нерухомому положенні, загальмувавши ролики. На рамі 1 змонтована труба 12, на якій кріпиться вилка 2 з допомогою гвинта 13. Вилка може переміщатись вертикально вздовж труби і обертатись відносно осі труби. В нерухомому положенні вилка закріпляється з допомогою гвинта 13. У вилці 2 є два отвори з напрямними втулками, в яких розміщені, відповідно, зовнішня 5 і внутрішня 6 штанги. Внутрішня штанга може переміщатись вздовж напрямної і фіксуватись фіксатором 11. Для цього у штанзі є 7 діаметральних наскрізних отворів, у які пропихається фіксатор 11. Зовнішня штанга 5 монтується на вилці 2 нерухомо з можливістю налагодження її робочої довжини. Для цього в штанзі 5 висверлено 7 наскрізних діаметральних отворів. В один з цих отворів входить штифт 10, з допомогою якого зовнішня штанга в зборі кріпиться до вилки 2. В інший отвір штанги вставлено штифт 9, який служить для фіксації внутрішнього гвинта штанги. Крім того, штифт 9 виконаний у вигляді ручки, якою можна переміщати штангу в напрямній.

До зовнішньої і внутрішньої штанги прикріплено, відповідно, зовнішню і внутрішню опори. Опори – змінні вузли, які залежать від типу і розмірів шини, яка вулканізується. Зовнішня опора 3 посаджена на циліндричний кінець зовнішньої штанги з перехідною посадкою, що унеможливлює її вільне

обертання, чи осьове переміщення, але дає змогу змінити опору на штанзі. Крім того, опору можна переміщати по штифту в межах до 5 мм для того, щоб підтискати опорою шину, яку ремонтують. Для цього на штангу 5 накручено маховик з двома ручками, який можна накручувати, або викручувати. Крім того, зовнішню опору можна демонтувати при потребі її заміни, з допомогою маховика.

Зовнішня опора (див аркуш 01.36.393/к-с.16.03.00.000СК) являє собою складальну одиницю, основою якої є сталева пластина 2 з привареною електродуговою зваркою до неї маточини 3. До зовнішньої поверхні пластини приклеєна прямокутна пневматична подушка 5 розміром 128×245 мм. Пневматична подушка може збільшуватись в об'ємі. Для цього вона підключається до лінії подачі стиснутого повітря вулканізатора через різьбовий наконечник соска. До іншої поверхні пневматичної подушки 5 приклеєна гнучка пластина 1, що служить, в цілому, нагрівальним елементом, виготовлена з алюмінієвого сплаву. Товщина пластини – 4 мм. В пластині вифрезерувано лабіринто-подібні канавки на глибину 2,6 мм, дно яких покрите електроізоляційним лаком ГФ-95 на товщину до 0,5 мм. У пази пластини вкладено гнучкий дренажний термонагрівальний елемент з ніхромового дроту, загальною довжиною в розгорнутому вигляді 2500 мм, діаметром 1,7 мм. В центрі пластини, під шаром лаку змонтовано термопару 7. Пневматична подушка опори наклеєна на гнучку пластину 1 так, що між подушкою і поверхнею приклеювання є проміжок, не менше 0,3 мм, що запобігає дотиканню пневмоподушки до термонагрівального елемента і, відповідно, псуванню пневмоподушки. Термонагрівальний елемент увімкнено в коло із запобіжним термоелементом для того, щоб запобігти ймовірне перегрівання елемента.

Внутрішня опора 4 має аналогічну конструкцію, як і зовнішня. Так само, як і зовнішня, внутрішня опора має нагрівальний елемент, пневматичну подушку розміром 200×128 мм. Крім того, внутрішня опора прикріплена до

внутрішньої штанги рухомо (див. аркуш 01.36.393/к-с.16.00.00.000СК). Для цього в штанзі внутрішній просверлено два наскрізні отвори, в які вставляється скоба з круглим перерізом. Для закріплення скоби нерухомо служать два радіально розміщені болти. Скоба має різну довжину стержнів. Це дає можливість використовувати скобу не тільки як елемент, що унерухомлює опору, але й як вісь, відносно якої опора обертається на штанзі. Приблизний геометричний кут повороту опори відносно осі штанги – 80º.

Технологічні параметри вулканізатора:

- напруга джерела живлення 220 В;
- номінальна потужність 1600 Вт;
- робоча температура вулканізації 140 ° С;
- тиск стисненого повітря в мережі 4..10 МПа;
- тиск у внутрішній пневмоподушці 2,1 МПа4
- тиск у зовнішній пневмоподушці 1,9 МПа;
- маса 380 кг;
- розміри 770×815×715 мм.

Головний принцип використання вулканізатора полягає в тому, що притискання і нагрівання латок сирої гуми, яка вулканізується, здійснюється з допомогою гнучкого пневматичного елемента – пневматичної силіконової подушки. Це дає змогу уникнути деформації шини, а також зосередити основне зусилля саме в області пошкодження і накладання латки.

## 3.4 Інструкція з використання вулканізатора

### 3.4.1 Призначення і можливості

Вулканізатор призначений для ремонту пошкоджень шин з посадковим діаметром від 25 "до 57" з зовнішнім діаметром до 3700 мм і шириною профілю від 450 мм до 1400 мм на біговій доріжці, плечі і боковині. Вулканізатор

укомплектований гнучкими нагрівачами, кожен з яких має по два термодатчика, температуру яких можна проконтролювати, перемикаючи терморегулятор пристрою. Регулювання відбувається за термодатчиком, має найбільшу температуру 160ºС, це виключає можливість місцевого перегріву шини під час вулканізації, а також при обриві або короткому замиканні одного з термодатчиків.

Використання вулканізатора складається з початкових монтажно-налагоджувальних, підготовчих і основних робіт.

### 3.4.2 Початкові монтажно-налагоджувальні роботи

Провести зовнішній огляд вулканізатора з метою виявлення пошкоджень, які могли статися при транспортуванні. При виявленні будь-яких пошкоджень їх необхідно усунути. Зібрати вулканізатор згідно із складальним кресленням 01.36.393/к-с.16.00.00.000СК. Після складання потрібно приєднати мережевий пневмошланг до штекера "пневмомережа" на пульті управління і до загальної пневмомережі, при цьому рукоятка пневморозподільника повинна знаходитися в положенні "Нейтраль". Підключити Пневмошланги внутрішньої і зовнішньої пневмоподушок до відповідних штекерам на пульті управління. Підключити роз'єми нагрівачів до відповідних роз'ємів на пульті. Підключити мережевий кабель до роз'єму на корпусі пульта управління. Зістикувати штекер проводу від вулканізатора з мережевою розеткою, що має бічні заземлюючі контакти. Підготовку шин до проведення ремонту необхідно проводити відповідно до вимог окремої технологічної інструкції по ремонту шин автомобілів [4].

### 3.4.3 Підготовчі операції

Встановити підготовлену до ремонту шину так, щоб місце ремонту знаходилося в горизонтальній площині, що проходить через вісь обертання шини (рис.3.5). Вставивши гвинт 13 в корпус вилки 2, встановити трубу 12 вулканізатора на необхідну висоту. Ремонт брекера (бігової доріжки)

Встановити на зовнішню штангу зовнішню опору необхідного розміру в залежності від розміру шини, зафіксувати її штирем і підключити пневмошланг і кабель гнучкого нагрівача до відповідних роз'ємів на пульті управління.

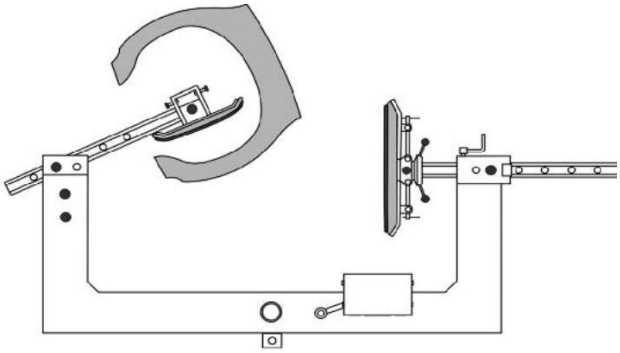

Рисунок 3.5 – Ескіз монтажу шини на вулканізатор

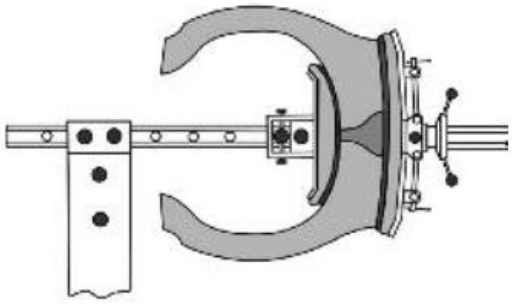

Рисунок 3.6 – Схема встановлення шини для ремонту бігової доріжки

Встановити скобу у внутрішню змінну штангу 5 необхідної довжини в залежності від розміру шини і від місця ремонту, зафіксувати її штирем. При необхідності встановити на штангу спеціальний подовжувач і зафіксувати його штирем. В залежності від розміру пошкодження і методу ремонту місця пошкодження на внутрішню штангу або на подовжувач встановити необхідного розміру внутрішню опору 4, або внутрішню ніжку, призначену для гарячої вулканізації, зафіксувати її штирем, і двома болтами, і підключити пневмошланг і кабель гнучкого нагрівача до відповідних роз'ємів на пульті управління. Переміщаючи вулканізатор по підлозі на колесах, завести внутрішню опору в шину і підвести її до місця ремонту. При цьому для зручності рекомендується повертати штангу і внутрішню опору навколо штиря (у разі використання внутрішньої регульованою опори, тільки навколо спеціального штиря), встановлюючи їх в положення, що полегшують

проходження внутрішньої опори. Обертанням регулювальних гвинтів штиря забезпечити положення внутрішньої опори, що відповідає профілю внутрішньої поверхні шини в місці ремонту. Регулювання внутрішньої регульованої опори здійснюється гвинтами, що забезпечує збіг профілю опори з внутрішньою поверхнею шини. З допомогою ручки 9 перемістити зовнішню опору 3 якомога ближче по центру місця ремонту і зафіксувати зовнішню штангу 5 штирем 10.

При правильному встановленні місце ремонту має бути розташоване приблизно по центру гнучких нагрівачів, а положення зовнішньої і внутрішньої опор має відповідати профілю шини. Ремонт боковини проводиться за схемою встановлення, при якій внурішня опора і внутрішня штанга повертається на 90º (рис.3.7).

Зафіксувати внутрішню штангу штирем 6, встановити в штангу або в подовжувач упор 9. Обертанням регулювальних гвинтів забезпечити положення внутрішньої опори, що відповідає профілю внутрішньої поверхні шини в місці ремонту.

При ремонті плеча потрібно замінити зовнішню і внутрішню опори так, щоб вони відповідали профілю шини.

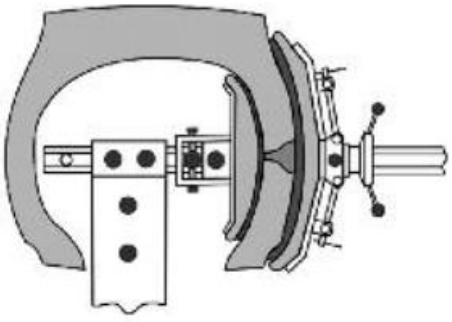

Рисунок 3.7 – Ремонт боковини

Шину на вулканізаторі розміщують так, щоб опри розміщались по центрі пошкодження (рис. 3.8)

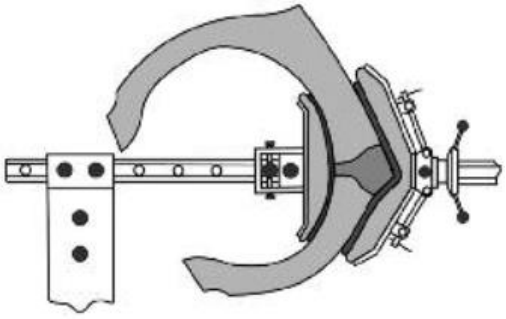

Рисунок 3.8 – Ремонт плеча

## 3.5 Обґрунтування параметрів вузканізатора

3.5.1 Початкові дані для розрахунку

Час вулканізації шин при температурі вулканізації 140 ° С складається з:

- 30 хвилин для прогріву нагрівачів;
- 5 хвилин на кожен міліметр товщини шини з урахуванням товщини пластиру.

При ремонті тракторних та всюдихідних шин з глибоким профілем необхідно збільшити час вулканізації на 50%. Висота профіля шини (товщина) визначається відносно ширини – у відсотках від ширини шини числом, кратним п’яти з кроком п’ять: 35, 40, 45, …, 65, 70, 75 і т.д. Таким чином, у шини шириною 175 мм і відносною висотою 70, абсолютна висота становитиме 175 мм × 70% = 122,5 мм.

3.5.2 Розрахунок нагрівального елемента

Споживчу потужність нагрівального елемента визначаємо з виразу [15]:

$$P_{потр} = P_{кор} + P_{дод} + P_{огор} + P_{втрат} + P_{е}, \text{ Вт}, \quad (3.1)$$

де $P_{кор}$ – корисна потужність, Вт;

$P_{дод}$ – потужність, затрачена на нагрів допоміжних пристроїв, Вт;

$P_{огор}$ – потужність, використана на нагрів огороджуючих конструкцій установки, Вт;

$P_{втрат}$ – потужність, необхідна для компенсації теплових втрат через огороджуючі конструкції установки в зовнішнє середовище, Вт;

$P_е$ – електрична потужність, яка втрачається у колах управління, Вт.

Для низькотемпературних установок з невеликою частотою вмикання $P_{дод}$ та $P_{огор}$ складають малу частину спожитої потужності, і їх часто не враховують.

Корисна потужність визначається з виразу:

$$P_{кор} = \frac{cm\left(\Theta_к - \Theta_п\right)}{t}, \text{ Вт}, \tag{3.2}$$

де $c$ – питома теплоємність матеріалу який нагрівається, кДж/ (кг С);

$m$ – маса матеріалу який нагрівається, кг;

$\Theta_к$ $\Theta_п$ – відповідно температура матеріалу в кінці та на початку нагріву, °С;

t – час нагріву, с.

Потужність $P_{втрат}$ дорівнює тепловому потоку $Ф_{втрат}$, який втрачається через огороджуючі конструкції установки в зовнішнє середовище. Для спрощених розрахунків приймаємо, що $P_{втрат}$=1,1 $P_{кор}$

Масу сирої гуми, яка вулканізується, визначаємо з виразу:

$$m = V_г \cdot \rho, \text{ кг}, \tag{3.3}$$

де $V_г$ – об’єм гуми, що вулканізується, визначається, приблизно як об’єм циліндра, м$^3$;

ρ – густина гуми, 1500 кг/м$^3$.

Беручи до уваги розміри сучасних ремонтних матеріалів, об’єм гуми у них становить, орієнтовно, 0,0003..0,0005 м$^3$. Тому маса гуми для гарячої вулканізації становитиме:

$m$= 1500 · 0,0005 = 0,75 кг.

Корисна потужність:

$$P_{кор} = \frac{1,6 \cdot 0,75\left(140 - 20\right)}{1,54 \cdot 3,6} = 1580 \text{ Вт}.$$

Враховуючи енергетичні втрати і втрати електрики на перетікання, приймемо $P_{потр}$=1,15$P_{кор}$. Отже, $P_{потр}$=1600 Вт.

В роботі вулканізатора одним з найбільш ключових елементів є нагрівач. Саме за рахунок нього вулканізатор виробляє необхідну енергію для перетворення сирої гуми в полімеризовану. Від якості нагрівального елементу ще залежить і працездатність вулканізатора в цілому. З цієї причини обраний нагрівач повинен строго відповідати певним вимогам, які будуть вказані далі.

Вулканізатор має потужність $P$ = 1600 Вт; підключається до мережі з напругою U = 240 В; нагрівач подає температуру 140° С. В якості нагрівача застосований ніхром марки Х20Н80 [15].

В першу чергу нам необхідно визначити силу струму, що проходить через елемент нагріву, підставляючи наявні дані:

$$I = P / U = 1600 / 240 = 6{,}66 \text{ А}. \quad (3.4)$$

Знаходимо опір нагрівального дроту:

$$R = U / I = 240 / 6{,}66 = 36 \text{ Ом}. \quad (3.5)$$

Маючи значення сили струму, який проходить по нагрівальному дроту, обчислюємо діаметр нагрівального елементу. Оскільки сила струму становить 6,6 А, а термічна подача від нагрівача 140° С, то діаметр нагрівального дроту повинен складати d=0,4 мм [11**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**]. Площа поперечного перерізу S = 0,126 мм$^2$.

Довжину нагрівального елементу вибираємо з повного опору провідника, яким є нагрівач:

$$R = \mu \frac{l}{S}, \text{ Ом}, \quad (3.6)$$

де $l$ – довжина провідника, м;

μ – питомий опір провідника, Ом·мм$^2$/м, для ніхромового дроту, який вибрано в даній роботі μ=1,1 Ом·мм$^2$/м.

Враховуючи вирази (3.4) і (3.5), знаходимо, що необхідна довжина провідника становитиме:

$$l = \frac{36 \cdot 0{,}126}{1{,}1} = 4{,}23 \text{ м}.$$

3.5.3 Розрахунок на міцність елементів конструкції

Оскільки конструкція вулканізатора не передбачає динамічних навантажень, а зусилля стискання шини не перевищують умов міцності елементів конструкції, то основна ува приділена навантаженню під впливом ваги шини, яка ремонтується. Таке навантаження сприйматимуть штанги вулканізатора. Оскільки вони мають різну довжину, то вузьким місцем конструкції буде довша штанга. Покажемо розрахункову схему (рис. 3.8).

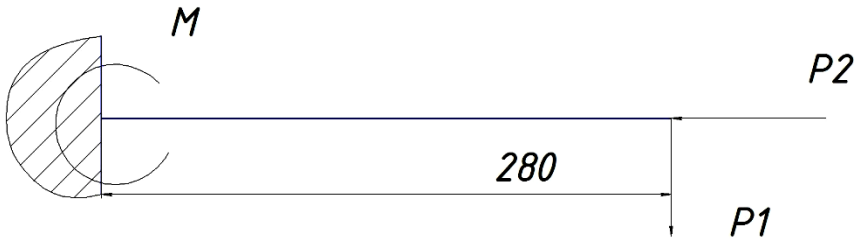


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема для перевірки штанги на міцність

Штангу вулканізатора можна відобразити як консоль, на яку діють сили: $P_1$ – ваги елементів пристрою і шини; $P_2$ – сила стиску, яку створює пневмокамера пристрою, Н. таким чином, в точці затиску консолі будуть виникати максимальні напруження балки, за якими визначимо умову міцності штанги:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{зг}}{W} + \frac{P_2}{A} \le [\sigma_s], \tag{3.7}$$

де $M_{зг}$ – згинальний момент в критичному перерізі, Нм;

W – момент опору балки в критичному перерізі, м$^3$;

$A$ – площа поперечного перерізу балки.

Момент опору балки, яка є круглою трубою, визначається з виразу:

$$W = \frac{\pi}{16}\frac{\left(D^4 - d^4\right)}{D}, \text{ мм}^4, \tag{3.8}$$

де $D$ – зовнішній діаметр труби, мм;

$d$ – внутрішній діаметр труби, мм.

Отже, момент опору труби дорівнює:

$$W = \frac{3{,}16}{16}\frac{\left(0{,}02^4 - 0{,}016^4\right)}{0{,}02} = 9{,}26 \cdot 10^{-7} \text{ мм}^3$$

Площа поперечного перетину труби:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right), \text{ мм}^2. \quad (3.9)$$

Поперечний переріз труби дорівнює:

$$A = \frac{3{,}14}{4}\left(0{,}02^2 - 0{,}016^2\right) = 0{,}00011 \text{ м}^2.$$

Згинальний момент балки визначиться:

$$M_{зг} = Q \cdot l, \text{ Нм}, \quad (3.10)$$

де $Q$ – вага шини і елементів опори, що припадає на балку, Н;

$l$ – плече сили, м.

$$M_{зг} = 750 \cdot 0{,}28 = 210 \text{ Н}.$$

Поздовжня сила, згідно технології, не повинна перевищувати 1400Н. Таким чином,

$$\sigma_{\max} = \frac{210}{9{,}26 \cdot 10^{-6}} + \frac{1400}{1{,}1 \cdot 10^{-4}} = 35 \text{ МПа}.$$

Для сталі Ст3 допустиме напруження становить 140 МПа. У зв'язку з ци умова міцності (3.7) є дотримана.

### 3.6 Висновки за розділом

Аналіз конструктивних особливостей стендів-аналогів показав, що жоден з них не відповідає повною мірою встановленим технічному завданню та вимогам, що обумовлює необхідність розробки нової конструкції. Пропонується два варіанти компоновки стенду: виготовлення стенду в рухомому виконанні. Для наочного порівняння було вибрано шість основних параметрів це: зручність затиску; енерговитрати; кількість сторін прогріву; габарити; вага; універсальність; зручність затиску. Найнижчий рівень має вулканізатор «Сорокін 15.66», у нього дуже незручно затискати шину або камеру так як доводиться постійно крутити гвинт який може чіплятися за корт

колеса так же при роботі з камерою доводиться перевертати латкою вниз що може привести до з'їзду латки вбік [16]. Найкращий з переглянутих є «АЕ & Т ХВ-20-А», затиск в ньому спрощує відкидна верхня балка, яка стопориться пальцем, це зручно при затиску шини, немає необхідності викручувати гвинт. Водночас, енерговитрати є найнижчі у вулканизатора «Сорокін 15.66», який споживає 800 Вт. Вулканизатор «ГНОМ» споживає 400 Вт.

# 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

## 4.1 Актуальність питання покращення охорони праці на підприємстві

Вивчення й вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, у яких відбувається праця людини − одне з найбільш важливих завдань у розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці − один з основних факторів, який впливає на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників.

Державне, регіональне і галузеве управління охороною праці, численні наглядові і контрольні інспекції не забезпечать безпечне ведення робіт, якщо це не стане головним повсякденним завданням і моральним обов'язком для усіх без винятку − роботодавців, керівників, інженерно-технічних працівників, кожного працюючого. Для вирішення всіх проблем у сфері охорони праці потрібний системний підхід створення ефективної системи управління охороною праці (СУОП) на кожному підприємстві, установі, організації незалежно від форми власності і розмірів [14].

Останніми роками охорона праці перебуває на етапі кардинальних перетворень. Багато підприємств проявляють зацікавленість щодо використання моделі управління охороною праці, що передбачає взаємну соціальну й економічну відповідальність бізнесу і працівників у процесі забезпечення безпечних умов праці з метою підвищення ролі соціального партнерства в створенні здорового психологічного клімату на підприємстві та максимізації добробуту як окремого працівника, так й організації в цілому.

Серед категорій, за допомогою яких прийнято характеризувати підприємство, звичайно виділяють економічні й технологічні показники. Однак, вони займають провідне положення лише в тому випадку, якщо дотримано

основну умову діяльності підприємства як суб'єкта господарювання − забезпечується безпека виробничих процесів і трудової діяльності індивіда.

### 4.2 Характеристика технологічного процесу шиноремонтної дільниці

Шиноремонтна дільниця призначена для усунення пошкоджень камер, ободових стрічок та покришок шляхом їх вулканізації. Процес вулканізації заснований на фізико-хімічних властивостях гуми переходити при температурі нагрівання більше 100°С у специфічний наделастичний стан і утворювати монолітне з'єднання двох окремих до цього гумових елементів.

Технологічний процес ремонту камер включає такі операції: підготовку камери до ремонту із вирізанням пошкодженого місця; шорсткування шліфувальним кругом на ширину 20…25 мм уздовж периметра вирізки; підготовку латки із сирої або вулканізованої гуми на 20…30 мм більшу за розміри вирізки; нанесення двох шарів клею і сушіння клею кожного шару протягом 20 хв при температурі 20…30°С; накладання латки і прикатування її роликом; вулканізацію на плиті апарата при відповідному зусиллі притискання латки і температурі 143 ± 2°С протягом 10…20 хв; зрізання країв латки, шліфування опуклостів і задирок після вулканізації; контроль якості ремонту.

Технологічний процес ремонту покришок складається із таких операцій: очищення і миття шорсткими волосяними щітками; сушіння у спеціальних камерах при температурі 40…60°С протягом 2…24 год; підготовка пошкоджених ділянок шляхом вирізання способами зовнішнім, внутрішнім або зустрічними конусами та у рамку; шорсткування поверхонь вирізаних ділянок; підготовка ремонтного матеріалу у вигляді манжет та пластирів; дворазового промазування ділянок клеєм і сушіння кожного шару клею при температурі 30...40°С протягом 25…40хв; зашпаровування пошкоджень ремонтним матеріалом і його прикатування роликом; вулканізація поверхонь за допомогою мульд, секторів та парових камер при температурі 143 ± 2°С і тиску 0,5 МПа

протягом 30…180 хв; зачищення поверхонь із видаленням надлишків гуми та задирок; контролю якості ремонту.

### 4.3 Основні небезпеки шиноремонтної дільниці

При шиномонтажних роботах нещасні випадки виникають головним чином через зрив стопорного кільця або монтажних лопаток, розриву шин. Небезпеки виникають і при перенесенні шин вантажних автомобілів і тракторів, використанні обладнання з електричним приводом і апаратів, працюючому під тиском.

Шиномонтажні і демонтажні роботи проводять на шиномонтажному дільниці із застосуванням спеціального обладнання, пристосуванні і інструмента. При демонтажі шини з диска колеса, повітря з камери повинне бути повністю випущене. Шини, щільно прилеглі до обода колеса, демонструють на спеціальних стендах або за допомогою спеціальних пристосувань. Застосовувати кувалди при демонтажі і монтажі шин забороняється.

Через високу небезпеку вулканізаційних робіт до них допускають осіб не молодше за 18 років, минулу попередній медичний огляд і спеціальне курсове навчання, що здали екзамени і що отримали посвідчення на право провадження цих робіт. Всі робочі місця повинні міститися в чистоті, не захаращуватися деталями, обладнанням, інструментом, пристосуваннями, матеріалами. Інструмент ударної дії (зубила, борідки і т. д.) повинен мати гладку потиличну частину без тріщин, заусенцев, наклепа і сколовши. Для попередження травмування рук довжина інструмента не повинна бути менше за 150 мм.

Приміщення шиномонтажного цеху відноситься до категорії Д по пожежонебезпеці – приміщення, в якому знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Відповідно до чинного законодавства, відповідальність за забезпечення пожежної безпеки на АТП несуть їх керівники. Таблички з вказівкою осіб, відповідальних за пожежну безпеку,

вивішують на видних місцях. В обов'язок цих осіб входить: знання пожежної небезпеки вживаних у виробництві речовин і матеріалів, технологічного процесу виробництва; навчання працюючих правилам пожежної безпеки; контроль за дотриманням правив пожежній безпеці на ввірених ним дільницях; вміст в постійній готовності всіх коштів пожежогасіння, що є і сповіщення про пожежі; усунення порушень правил пожежної безпеки і несправності пожежного обладнання; розробка інструкцій про заходи пожежної безпеки для своїх підрозділів. Вони повинні: не допускати захаращення пожежних під'їздів до будівель і споруд, до пожежного обладнання, проходам в будівлях, коридорам і драбинним кліткам; не допускати проведення робіт із застосуванням відкритого вогню, в тому числі ретельно оглядати приміщення перед закриттям, щоб виключити умови виникнення пожежі.

Отже, сформулюємо висновки. Дільниці по ремонту шин і коліс виникли одні з перших серед спеціалізованих підприємств автосервіса на початку 90-х років. Їх кількість і потужності швидко досягли необхідних для повного задоволення попиту. Насамперед вони з'явилися поруч з АЗС і при платних стоянках, а в подальшому – як самостійні підприємства. Швидкий розвиток таких підприємств можливо пояснюється наступним:

- все більшим застосуванням безпечних бескамерних шин, які вимагають особливої культури і дбайливості при їх демонтажі - монтажі;

- складність технології і обладнання для балансування коліс (неможливо здійснити власними силами);

- з'явився шар спроможних власників, які можуть дозволити собі не займатися важким фізичним трудом.

### 4.4 Пропозиції щодо удосконалення стану охорони праці на дільниці

Інструкцію по роботі з вулканізатором необхідно зберігати на місці його використання. Роботи обслуговуючого персоналу необхідно контролювати відповідно до вимог інструкції з техніки безпеки. Без дозволу виробника можна проводити будь-які зміни або вдосконалення вулканізатора, які можуть вплинути на безпеку робіт. При виявленні несправностей в роботі вулканізатора його необхідно відразу відключити від мережі і усунути несправності, прийнявши відповідні запобіжні заходи. Вулканізатор необхідно утримувати в справному стані і використовувати тільки за призначенням. Заземлення вулканізатора відбувається автоматично при підключенні штекера до електричної розетки, тому при установці вулканізатора необхідно перевірити наявність і справність захисного заземлення в електричної розетки. Електромережа, яка живить вулканізатор, повинна бути захищена автоматичним вимикачем з номінальним струмом не більше 16А відповідно до ПБЕ (рекомендується застосування УЗО). Перед початком роботи необхідно перевіряти гнучкі нагрівачі і живлять шнури на відсутність пошкоджень. Забороняється залишати вулканізатор без нагляду під час експлуатації. На робочому місці необхідно мати вогнегасник і пожежне покривало.

## 5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Для зменшення впливу шиноремонтної дільниці на навколишнє середовище проектом передбачені такі заходи.

1. Планувальні : взаємне розташування джерел викидів шкідливих речовин вибране таким чином, що при направленні вітру в сторону житлової забудови, викиди шкідливих речовин не накладаються. Житлові забудови знаходяться на відстані понад 200 м. Впорядкування території посадкою газонів (901,9 $м^2$). Покриття доріг і технологічних площадок – асфальтобетоном.

2. Для забезпечення стандартного рівня екологічної безпеки:

- подача нафтопродуктів закритим способом;
- постійний контроль за справністю дихальних клапанів при температурі повітря більше $0^0$С один раз за місяць, а при температурі повітря менше $0^0$С два рази за місяць.

3. Заходи по охороні грунту та водних ресурсів: Для запобігання можливих розливів нафтопродуктів при наливі їх в резервуари і проливів при заправці автомобілів та попадання в грунт проектом передбачені наступні заходи: Для забезпечення стандартного рівня екологічної безпеки:

- відведення господарсько-побутових стічних вод від будинку заводу в проектуючу станцію очисних стічних вод;
- виключення скиду в стічні води відходів нафтопродуктів;
- влаштування твердого водонепроникного покриття в місцях, де проводяться операції з нафтопродуктами;
- проведення вчасного ремонту дорожних покрівель;
- виконання гідроізоляції трубопроводів і резервуарів ;
- огородження зон озеленення бортовим каменем, що запобігає змиву грунту на дорожне покриття під час проливного дощу;
- негайне прибирання пролитого нафтпродукту, засипання піском місця розливу, зібрання його в контейнер, забезпечення технічного огляду каналізаційної мережі, а також контроль за якістю стічних вод ;

- організація регулярного прибирання території.

Для забезпечення повишеного рівня екологічної безпеки:

- використання підземних двостінних резервуарів з постійним контролем герметичності в між стінному просторі, що запобігає аварійним виливам нафтопродуктів;
- обладнання колонок стоп-пістолетами з запобіжним закриваючим механізмом, який при падіння пістолету на землю, при розриві наповнювального шлангу або при заповненні пальним в бакові досягне пістолета, автоматично його закриває ;
- вертикальне планування площадки, забезпечення відведення дощових і талих вод для очистки на проектуючі очисні споруди.

4) Заходи що до попередження та обмеження негативних впливів на геологічне середовище:

- контроль рівня нафтопродуктів показниками наповнення, які встановлені на резервуарах ;
- закрита герметична система зливу нафтопродуктів в резервуари і подача їх до заправних колонок ;
- покриття трубопроводів і резервуарів ізоляцією надто посиленого типу;
- обладнання колонок стоп-пістолетами з запобіжними закриваючими механізмами, які при падінні пістолету на землю або при переповненні пального в бакові досягне пістолета і автоматично його закриє;
- установка підземних резервуарів для нафтопродуктів на фундаментні платформи;
- встановлення очисних споруд стічних вод з території

5) Ресурсозберігаючі заходи:

- раціональне використання земельних ресурсів ;
- встановлення вузлів обліку енергоносіїв та води ;
- встановлення вузла обліку спожитих нафтопродуктів.

6) Захисні заходи : 1) встановлення локальних очисних споруд ; 2) вивезення вловлених нафтопродуктів та осаду, що вловлюються на ОС ; 3) функціональне зонування території.

# 6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

## 6.1 Розрахунок прямих витрат

### 6.1.1 Витрати на оплату праці

Загальний річний фонд заробітної плати робітників з відрахуванням за єдиними соціальними виплатами:

$$С_{р.с.}= С_{о.с.}{}^{+} С_{д.с.}+ С_{с.с.} \text{ ; тис. грн.,} \quad (6.1)$$

де $C_{о.с.}$ – річний фонд основної зарплати;

$C_{д.с.}$ – річна сума відрахувань на додаткову заробітну плату, тис. грн.

$C_{с.с.}$ – річна сума соціальних відрахувань, тис. грн.

Річний фонд основної заробітної плати розраховується за формулою:

$$C_{осн.} = \frac{T \cdot \phi_c \cdot K_n \cdot K_c}{1000}, \text{ тис. грн.,} \quad (6.2)$$

де $T$ – річна трудомісткість робіт, розрахована в технологічній частині проекту; люд. год.

$\varphi_c$ – середньорічні тарифні ставки робітників в залежності від розряду; грн.;

$K_n$ – коефіцієнт виконання норми: $Kn$=1,2;

$K_c$ – коефіцієнт питомої ваги трудомісткості; $K_c$=0,75.

Приймаємо, що всі робітники четвертого розряду, тобто $\varphi_c$ = 165 грн/год. Отже, основна зарплата становить:

$$С_{осн.} = 7704 \cdot 165 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}75/1000 = 1144{,}0 \text{ тис. грн.}$$

Річна сума доплат робітникам становить 30% їх основної заробітної плати, отже :

$$Д_е = 0{,}3 \cdot C_{осн.} = 0{,}3 \cdot 1144 = 343 \text{ тис. грн.}$$

Річна сума додаткової заробітної плати становить 18% від основної заробітної плати, тобто:

$$C_{д.с.} = 0{,}18 \cdot С_{ос} = 0{,}18 \cdot 1144 = 206 \text{ тис. грн.}$$

Фонд заробітної плати становить:

$$Ф_{зп} = C_{осн.} + Д_е + C_{д.с.}, \quad (6.3)$$

$$Ф_{зп} = 1144 + 343 + 206 = 1693 \text{ тис. грн.}$$

Єдиний соціальний внесок:

$$H_{зп} = 0,336 \cdot C_{зп} = 0,336 \cdot 1693 = 933 \text{ тис. грн.},$$

де $Ф_{зп}$ – фонд зарплати водіїв і ремонтників.

Середня місячна зарплата одного робітника визначиться за формулою:

$$З_м = Ф_{зп} / (12 \cdot N_{сп}), \quad (6.4)$$

$$З_м = 1693 / (12 \cdot 7) = 4015,5 \text{ грн.}$$

Усі ці дані зводимо у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Витрати на оплату праці основних виробничників

| Показники | Числове значення тис. грн. |
|---|---|
| Річний фонд основної зарплати | 1144 |
| Річна сума додаткової зарплати | 206 |
| Загальний річний фонд оплати праці | 1693 |
| Загальні нарахування на зарплату | 933 |
| Витрати, пов’язані з оплатою праці | 1783 |

6.1.2 Витрати на матеріали

Згідно із завданням програма технологічного процесу – на 4000 шин, отже потрібно 279 тис. грн. на матеріали.

При купівлі матеріалів виникає ПДВ- зобов’язання:

$$ПДВ_з = С_м \cdot 0,1667 = 4,65 \text{ тис. грн.}$$

Всього Σ=965 грн., в т. ч. $ПДВ_з$ − 16 тис. грн.

6.1.3 Річні витрати на електроенергію, воду, теплопостачання та інші ресурси

Витрати на освітлення приймаються за даними табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Річні витрати освітлювальної електроенергії

| Площа дільниці, $м^2$ | Тривалість роботи електрообладнання протягом року, год. | Питома потужність освітлювального навантаження, $кВт/м^2$ | Коефіцієнт попиту | Річні витрати, кВт год. |
|---|---|---|---|---|
| 69 | 860 | 0,02 | 0,8 | 1978 |

При нормі 15 Вт на 1 м$^2$ приміщення і часі роботи освітлення у 1250 годин, вартість електроенергії складатиме:

$$P_{осв.}=15\cdot 69 = 1035 \text{ Вт};$$

$$P_{заг.}=1035\cdot 1250/1000 = 1293 \text{ кВт/год.}$$

$$C_{осв.}=1293\cdot 7{,}4/1000 = 61 \text{ тис. грн.}$$

Силова електроенергія:

$$P_{сил.}=31{,}2\cdot 1932{,}6= 60278 \text{ Вт·год.}$$

$$C_{сил.}= 60278 \cdot 7{,}4/1000 = 283 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок вартості води

$$Q_{води}=N_{роб.}\cdot 20 \text{ л} = 3\cdot 20=60 \text{ л}$$

$$Q_{річне}=60\cdot 223{,}5=13{,}4 \text{ т}$$

$$C_{води}=Q_{річн.}\cdot 41=550 \text{ грн.}$$

Витрати води не є суттєвими для дільниці.

Розрахунок кількості пари для опалення

$$Q_п=\frac{g\cdot T\cdot v}{C\cdot 1000}, \text{ л,} \qquad (6.5)$$

де g – витрати тепла, $\frac{\text{ккал}}{\text{год}\cdot \text{м}^3}$; g=25$\frac{\text{ккал}}{\text{год}\cdot \text{м}^3}$.

$T$ − кількість годин опалення; $T$=4320 год.

V − об’єм приміщення; V= 69 ·3,6 = 248,4 м$^3$;

C− теплота випаровування; C=360 м$^3$; C=540 $\frac{\text{ккал}}{\text{год.}}$;

$$Q_n=\frac{25\cdot 4320\cdot 248}{540\cdot 1000}=50 \text{ т}$$

$$C_{пари}=Q_n\cdot C = 50\cdot 92/1000 = 4{,}6 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на матеріали по прибиранню приміщень становлять 3% вартості будівель; С=25 тис. грн.

Загальні витрати на матеріально-технічне постачання:

$З_{МТП}$ = $С_м$ + $С_{осв.}$ + $С_{сил.}$ + $С_{пари}$ = 279 + 6,1 + 283 + 4,6 = 572,6 тис. грн.

Загальні прямі витрати:

$З_{пр}$ = $Ф_{зп}$ + $Н_{зп}$ +$З_{МТП}$ =1783 + 572,6 = 2356,0 тис. грн.

**6.2 Непрямі витрати**

6.2.1 Витрати на амортизацію основних засобів

Залишкова вартість усіх основних засобів на перше число планового року: $C_{зал}^{оз}$ = 10467,0 тис. грн. Амортизаційні відрахування на рік [9]:

$$A_{оф}^{пв} = \sum_{i=1}^{k} \frac{C_{зал\,i}^{оз} \cdot \delta}{k} \text{ , тис. грн.} \qquad (5.6)$$

де $\delta$ − норма амортизації, %;

k − кількість звітних періодів по прибутку.

Амортизаційні відрахування на відновлення основних засобів за рік:

$А_{пв}^{рс}$ = 414 + 267 + 125 = 694 тис. грн.

Таблиця 6.3 – Витрати на амортизацію обладнання

| Найменування | Сума, тис. грн. | Норма амортизації, % | Сума, тис. грн. |
|---|---|---|---|
| Приміщення | 8280 | 5,0 | 414 |
| Обладнання | 2137 | 12,5 | 267 |
| Інструменти і пристрої | 50 | 25 | 12,5 |
| Всього | 10467 | - | 693,5 |

6.2.2 Накладні витрати підприємства

Визначаємо як відсоток від прямих витрат за формулою:

$$НВ = \left(З_{МТП} + Ф_{зп} + Н_{ЗП}\right) \cdot k_{нв} \text{ , тис. грн.} \qquad (6.7)$$

де $k_{нв}$ = 0,10 ... 0,35 – коефіцієнт накладних витрат.

НВ = 235,6 · 0,15 = 35,3 тис. грн.

### 6.3 Сумарні річні витрати

Загальні витрати по дільниці визначаються за виразом:

$$C_p = З_{пр} + A_{оф}^{пв} + НВ \text{, тис. грн.} \quad (6.8)$$

$$C_p = 2356 + 694 + 353 = 3403 \text{ тис. грн.}$$

Собівартість одиниці продукції становитиме:

$$C_{шини} = C_p / N_{пр} = 3403 / 4000 \cdot 10 = 85 \text{ грн.}$$

### 6.4 Капітальні витрати

Капітальні витрати розраховуються за формулою:

$$K_o = K_c [1 + \delta_т + \delta_с + \delta_м] + K_{інв.}, \quad (6.9)$$

де $К_с$ – капітальні вкладення, тис. грн.

$\delta_т$ – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати, що пов’язані з придбанням обладнання; $\delta_т$=0,1;

$\delta_с$ – коефіцієнт, що враховує витрати на будівельні роботи; $\delta_с$=0,05; $\delta_м$ – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж обладнання; $\delta_м$=0,05; $К_{інв}$=0,1 $К_с$, тис. грн.

Для розрахунку капіталовкладень спочатку обраховуємо вартість обладнання даної дільниці. Результати занесені в таблицю 6.4.

Загальні капіталовкладення становлять 1057 тис. грн.

### 6.5. Валові доходи

Тарифи на ремонт шин. На початок 2024 року вартість ремонту одного колеса складала 240 грн. Валовий дохід та прибуток дільниці. Валовий дохід:

$$Д_в = y_i \cdot N, \text{ тис. грн.,} \quad (6.10)$$

$$Д_в = 240 \cdot 4000/1000 = 9600 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 6.4 – Вартість необхідного додаткового обладнання

| Назва верстату | Кіль кість | Ціна за 1 обладнання, тис. грн. | Загальна вартість, тис. грн. |
|---|---|---|---|
| Стенд шиномонтажний | 1 | 360 | 360 |
| Машина мийна | 1 | 480 | 480 |
| Стенд балансувальний | 1 | 215 | 215 |
| Компресор | 1 | 22 | 2 |
| Разом | - | - | 1057 |

Податок на додану вартість визначають з формули:

$$ПДВ = \frac{LD \cdot \alpha}{100}, \quad (6.11)$$

де $\alpha$ − величина податку на додану вартість; $\alpha$=16%.

$$ПДВ = 9600 \cdot 16/100 = 1600 \text{ тис. грн.}$$

Валовий дохід без врахування податку:

$$Д_п = Д_в - ПДВ = 9600 - 1554 = 8047 \text{ тис. грн.}$$

Балансовий прибуток:

$$П_б = Д_п - (С_в + 0{,}2Д_н), \text{ грн.,} \quad (6.12)$$

де $С_в$ – повна собівартість;

$$П_б = 8047 - (2981 + 0{,}2 \cdot 8047) = 4261{,}0 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо величину податку на прибуток:

$$ПДн = \frac{П_б \cdot \beta}{1000}, \text{ тис. грн.,} \quad (6.8)$$

де $\beta$ – ставка податку на дохід; $\beta$ = 25%.

$$ПДн = 4265 \cdot 0{,}25 = 1065 \text{ тис. грн.}$$

Розрахований прибуток:

$$П_р = П_б - ПДн = 3196 \text{ тис. грн.}$$

Період окупності дільниці визначаємо за формулою:

$$N_{ок} = T + \frac{S_t}{S_t + S_{t+1}} = 1057/3195 = 0{,}33 \text{ року, або 4 місяці.}$$

# ВИСНОВКИ

1. Під час ремонту шин тракторів та с.г. техніки застосовуються процеси місцевого ремонту, які базуються на вулканізації. Вулканізація є енергомістким процесом, крім того її якість виконання залежить у великій мірі від підготовчих операцій, обладнання і способу виконання. Амортизаційна вартість обладнання переноситься на продукцію. Тому доцільно застосовувати максимально спрощене за конструкцією і, водночас, енергоефективне обладнання, що було розроблено в цьому проекті.
2. Для удосконалення технології робіт пропонується розробити нову конструкцію пристрою для вулканізації шин вантажних автомобілів, яка дає змогу максимально спрощено дотримуватись режимів вулканізації.
3. У технологічному процесі ремонту шин доцільно застосовувати операції миття шин, виготовлення пластирів, ремонту шин залежно від їх реального технічного стану. Це дає змогу знизити собівартість ремонтних робіт і підвищити економічну ефективність шиноремонтного виробництва.
4. Термін окупності вкладень за запропонованими впровадженнями становить менше одного року − 4 місяці. Такий проект доцільно впроваджувати на підприємствах технічного сервісу с.г. техніки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Наказ Держспоживстандарту України “Про затвердження переліку продукції, що підлягає обов’язковій сертифікації в Україні” від 01.02.2005 № 28, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 04.05.2005 за № 466/10746.
2. ДСТУ 3-004-2000 Колеса для пневматичних шин з ободами нерозбірними глибокими з посадочними полицями 5 з формою бортових закраїн B, J, K, L. Приєднувальні розміри для кріплення до маточини. Загальні технічні умови.
3. ДСТУ 3-008-2000 Колеса для пневматичних шин. Ободи глибокі і глибокі широкі з посадочними полицями 15° з номінальними діаметрами 17,5; 19,5; 20,5; 22,5; 24,5; 26,5. Основні розміри.
4. ISO 14400:2005 Road vehicles – Wheels and rims – Use, general maintenance and safety requirements and out-of-service conditions (Колісні транспортні засоби — Колеса та ободи — Застосування, загальні вимоги до технічного обслуговування та безпеки і умови виведення зі сфери експлуатації).
5. Ребров О.Ю. Вибір параметрів шин сільськогосподарських тракторів: монографія. Харків. Видавець: О.А. Мірошниченко, 2021. 304 с
6. Проектування підприємств технічного сервісу будівельної техніки : Навчальний посібник / С. С. Карабиньош, А. В. Новицький, З. В. Ружило. Київ: НУБіП України, 2019. 171 с.
7. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 2. Організація, планування й управління. Київ : Вища шк.., 1994. 383с.
8. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.
9. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : навч. посібн. / Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

10. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту: навч. посібн. / І.П. Курніков, М.К. Корольов, В.М. Токаренко. Київ : Вища шк., 1993. 191с.

11. Основи проектування і конструювання машин. Навч. посібн. / І.І. Назаренко, І.М. Берник. Київ : Видавництво «Аграр Медіа Груп». 2013. 544 с.

12. Довідник по нормуванню праці на ремонтних роботах. Київ : Урожай, 1988. 264 с.

13. Каталог довідник "Усе про шини". http://www.technoopttorg.com.ua/

14. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. Київ : Основа, 2006. 448 с..

15. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібн. для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.

16. http://mehanik-ua.ru/lektsiji-transmisiya-i-khodova-chastina/1500-kolesa-avtomobilya-sklad-vidomosti.html