

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С. З. ГЖИЦЬКОГО
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему

***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ГВИНТОВИХ КОМПРЕСОРІВ В УМОВАХ ТОВ «ПРОЕЙР ЗАХІД»***

Виконав: студент групи *Аін-51*

спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Захарко Михайло Петрович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Тимочко В.О.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С. З. ГЖИЦЬКОГО
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

другий (магістерський) рівень вищої освіти
Спеціальність 208 „Агроінженерія”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу студента

Захарко Михайло Петрович

Тема роботи: “ Підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід» ”

Керівник роботи Тимочко Василь Олегович, кандидат технічних наук, доцент

Затверджено наказом по університету № 140/к-с від 28.02. 2025 р.

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2025

Вихідні дані до роботи:

1. Конструкції компресорів; 2. Технології ремонту компресорів; 3. Характеристика підприємства ТОВ «Проейр Захід».

3. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) 1. Аналіз організації обслуговування та ремонту гвинтових компресорів у ТОВ «Проейр Захід»; 2 Аналіз процесу технічного обслуговування і ремонту компресорів; 3. Шляхи підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід»; 4. Охорона праці. Висновки та пропозиції. Перелік джерел посилання.

4. Перелік графічного матеріалу:
Мультимедійна презентація.

Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		
		Завдання видав	Завдання прийняв	Відмітка
2,3	<i>Тимочко В.О., доцент кафедри інженерної механіки</i>			
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри інженерної механіки</i>			

Дата видачі завдання 28.02.2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання роботи	Строк виконання завдання	Примітка
1.	<i>Написання розділу: Аналіз організації обслуговування та ремонту гвинтових компресорів у ТОВ «Проейр Захід»</i>	<i>27.02.25-15.03.25</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу «Аналіз процесу технічного обслуговування і ремонту компресорів»</i>	<i>16.04.25-27.04.25</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу «Шляхи підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід»</i>	<i>28.04.25-19.05.25</i>	
4	<i>Виконання четвертого розділу «Охорона праці»</i>	<i>20.05.25-1.06.25</i>	
5	<i>Висновки і пропозиції</i>	<i>1.06.25-5.06.25</i>	
6	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>5.06.25-10.06.25</i>	

Студент _____ *Михайло Захарко*

Керівник роботи _____ *Василь ТИМОЧКО*

УДК 621.515:658.588

Кваліфікаційна робота: 79 с. текст. част., 17 рис., 5 табл., 22 джерела.
Підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід». Захарко Михайло. Кафедра інженерної механіки. - Львівський НУВМіБТ, 2025.

Проаналізовано виробничу базу та організацію обслуговування та ремонту гвинтових компресорів у ТОВ «Проейр Захід». Оцінено вплив умов експлуатації на ресурс компресорів. Виконано аналітичне обґрунтування способів обслуговування і ремонту компресорів. Обґрунтовано шляхи підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід». Розроблено заходи охорона праці під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів.

Ключові слова: компресор, технічне обслуговування, ремонт, технологія.

ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ГВИНТОВИХ КОМПРЕСОРІВ У ТОВ «ПРОЕЙР ЗАХІД»	10
1.1. Загальна характеристика підприємства	10
1.2. Характеристика основних видів виробничої діяльності підприємства	12
1.3. Матеріально-технічна база підприємства	15
Висновки	15
2. АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ КОМПРЕСОРІВ	16
2.1. Характеристика парку компресорного обладнання, що обслуговується	16
2.2. Аналіз фактичних умов експлуатації обладнання	22
2.3. Оцінка впливу умов експлуатації на ресурс компресора	27
2.4. Типові несправності компресорів	30
2.5. Аналіз технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту компресорів у ТОВ «Проейр Захід»	36
Висновки	40
3. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ГВИНТОВИХ КОМПРЕСОРІВ В УМОВАХ ТОВ «ПРОЕЙР ЗАХІД»	42
3.1. Впровадження системи планово-попереджувального	42

	обслуговування	
3.2	Удосконалення оснащення підприємства ремонтним обладнанням та спеціалізованими інструментами	46
3.3	Використання систем онлайн-моніторингу та діагностики	51
3.4	Оптимізація логістики та запасів запчастин	55
3.5	Розрахунок економічної ефективності	58
	Висновки	60
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1	Аналіз причин нещасних випадків під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів	62
4.2	Розробка моделей ризиків виникнення травмонебезпечних ситуацій під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів	63
4.3	Розробка заходів покращення умов та безпеки праці під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів	69
	Висновки	73
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	74
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промисловості та сервісної інфраструктури стиснене повітря є одним із ключових енергоресурсів, без якого неможлива стабільна робота багатьох виробничих процесів.

Центральне місце у системах пневмопостачання займають гвинтові компресори, які завдяки високій надійності, енергоефективності та довговічності набули широкого застосування у різних галузях економіки. Разом із тим ефективність їх експлуатації значною мірою залежить від організації технічного обслуговування та своєчасного, якісного ремонту.

В умовах зростання вартості енергоресурсів, підвищених вимог до безперервності виробництва та конкурентного тиску на ринку сервісних послуг особливої актуальності набуває завдання підвищення ефективності обслуговування та ремонту компресорного обладнання. Невчасне або неякісне технічне обслуговування гвинтових компресорів призводить до зниження їх продуктивності, зростання споживання електроенергії, прискореного зносу вузлів і деталей, а також до аварійних зупинок, що спричиняє значні економічні втрати.

ТОВ «Проейр Захід» є підприємством, яке спеціалізується на постачанні, монтажі, сервісному обслуговуванні та ремонті компресорного обладнання. Практична діяльність товариства пов'язана з експлуатацією та обслуговуванням гвинтових компресорів різних типів і виробників, що вимагає постійного вдосконалення технологій сервісу, методів діагностики технічного стану та організації ремонтних робіт.

Актуальність даної роботи зумовлена необхідністю аналізу існуючої системи технічного обслуговування і ремонту гвинтових компресорів у ТОВ «Проейр Захід» та розробки шляхів її вдосконалення з метою підвищення надійності обладнання, зниження експлуатаційних витрат і покращення якості сервісних послуг.

Метою роботи є підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід» шляхом

удосконалення організаційних та технічних рішень, застосування сучасних методів діагностики та оптимізації регламентів технічного обслуговування.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачається вирішення таких **основних завдань**:

- 1) Проаналізувати конструктивні особливості та принцип роботи гвинтових компресорів.
- 2) Дослідити характерні несправності та причини відмов компресорного обладнання.
- 3) Оцінити існуючу систему технічного обслуговування і ремонту на підприємстві.
- 4) Запропонувати заходи щодо підвищення ефективності сервісного обслуговування та ремонту гвинтових компресорів.
- 5) Обґрунтувати економічну доцільність запропонованих рішень.
- 6) Обґрунтувати заходи з охорони праці.

Об'єктом дослідження є процеси технічного обслуговування та ремонту гвинтових компресорів у діяльності ТОВ «Проейр Захід».

Предметом дослідження є методи, засоби та організаційні підходи до підвищення ефективності обслуговування і ремонту гвинтових компресорів.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів та рекомендацій для вдосконалення системи сервісного обслуговування компресорного обладнання на підприємстві, що сприятиме підвищенню надійності роботи гвинтових компресорів і зниженню витрат на їх експлуатацію.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ГВИНТОВИХ КОМПРЕСОРІВ У ТОВ «ПРОЕЙР ЗАХІД»

1.1. Загальна характеристика підприємства

ТОВ «Проейр Захід» — це спеціалізоване сервісно-виробниче підприємство, що працює на ринку сервісу та ремонту компресорного обладнання в західному регіоні України. Компанія надає повний комплекс послуг, пов'язаний з обслуговуванням систем стисненого повітря, включаючи діагностику, ремонт, модернізацію та постачання запасних частин. Основними напрямками діяльності компанії є постачання, технічне обслуговування, діагностика, ремонт та модернізація повітряних компресорів різних типів, а також монтаж систем підготовки стисненого повітря. Компанія обслуговує такі Бренди: Abac, Airpol, Almig, Alup, Atlas Copco, Atmos, Becker, Boge, Bottarini, Busch, Ceccato, Chinook, Compair, Demag, Dalgakiran, Deltech, Domnick Hunter, Donaldson, Ecoair, Fiac, Fini, Gardner Denver, Hankison, Hiross, Hydrovane, Ingersoll Rand, Mahle, Mark, Mattei, MTA, Omi, Pneumofore, Rietschle, Rotorcomp, Ultrafilter, Worthington, WAN, Zander, Ремеза тощо [19].

Додатковими видами діяльності ТОВ «Проейр Захід» є:

- продаж компресорів та пневмообладнання;
- монтажні та пусконаладжувальні роботи;
- аудит і оптимізація систем стисненого повітря;
- постачання запасних частин.

ТОВ «Проейр Захід» займає помітну нішу серед сервісних підприємств Західної України. Компанія обслуговує як малі виробництва, так і великі промислові об'єкти, що забезпечує стабільне завантаження та фінансову стійкість. Спеціалізація саме на компресорній техніці дозволяє надавати послуги високого професійного рівня.

Підприємство орієнтоване на обслуговування виробничих компаній, деревообробних підприємств, харчової промисловості, автомайстерень та інших споживачів, для яких надійне забезпечення стисненим повітрям є критично важливим фактором безперервності виробництва.

Місією підприємства є забезпечити промислові підприємства надійними, енергоефективними та безпечними рішеннями у сфері стисненого повітря, мінімізуючи час простою обладнання та підвищуючи ефективність роботи виробництв клієнтів шляхом поєднання професійного сервісу, сучасних технологій та індивідуального підходу [22].

Стратегічними цілями ТОВ «Проейр Захід» є:

- розширення спектра послуг з ремонту та модернізації компресорів;
- підвищення енергоефективності обладнання клієнтів;
- формування репутації надійного сервісного партнера;
- впровадження сучасних методів діагностики компресорів.

Головними завданнями підприємства є:

- підтримання високої якості ремонтних робіт;
- впровадження сучасних технічних методів діагностики;
- підвищення енергоефективності компресорів;
- розвиток сервісної культури та післягарантійного обслуговування;
- забезпечення швидкого реагування на аварійні ситуації.

Організаційна структура підприємства створена за лінійно-функціональною схемою, яка подана на рис.1.1.



Рис.1.1. Організаційна структура підприємства

Така структура дозволяє ефективно контролювати виконання робіт, забезпечити якість сервісу та оптимізувати виробничі процеси.

Директор забезпечує загальне управління та стратегічний розвиток підприємства. Сервісний відділ здійснює виїзди до клієнтів для виконання ремонтів, планових ТО та аварійного сервісу компресорів.

Виробничо-ремонтний цех виконує капітальні ремонти компресорів, дефекацію, складання та стендові випробування компресорів. Відділ продажів та технічного забезпечення здійснює реалізацію компресорів та комплектуючих, консалтинг та підбір обладнання для замовників. Логістика та склад здійснюють забезпечення запасними частинами та ведення обліку ресурсів. Бухгалтерія та адміністрація здійснює облік, управління фінансами та документообіг.

Така структура підприємства дозволяє оперативно забезпечувати сервіс, гарантувати якість ремонту та мінімізувати час простоїв обладнання клієнтів.

ТОВ «Проейр Захід» виділяється серед аналогічних підприємств такими перевагами:

- високою кваліфікацією сервісних інженерів;
- швидким реагуванням на заявки споживачів послуг;
- наявністю резерву запасних частин для ремонту компресорів;
- комплексний підхід до продажу компресорів та пневмообладнання від діагностики до модернізації;
- орієнтація на довгострокове партнерство з клієнтами.

1.2 Характеристика основних видів виробничої діяльності підприємства

ТОВ «Проейр Захід» виконує весь цикл робіт щодо надійного забезпечення стисненим повітрям підприємств замовників. ТОВ «Проейр Захід» здійснює продаж гвинтових компресорів, поршневих компресорів, осушувачів, фільтрів, баків та запчастини до цього обладнання.

Очищення та підготовка стисненого повітря є важливий компонент для забезпечення надійності пневматичного інструменту та інших споживачів стисненого повітря. ТОВ «Проейр Захід» пропонує повний спектр обладнання для підготовки і очищення стисненого повітря і газів в широкому діапазоні продуктивностей і тиску. Компанія пропонує фільтри або осушувачі починаючи від *100 л/хв і 1 бар* (над) робочого тиску і до *1000 м³/хв і 40 бар* (над) робочого тиску [22].

Важливим завданням, яке користується значним попитом у клієнтів є виконання поточних та капітальних ремонтів компресорів, ремонт гвинтових пар, дефектація та заміна підшипників, ремонт електродвигунів, відновлення ущільнень та корпусних деталей, ремонт осушувачів та систем підготовки повітря.

Підприємство працює з обладнанням провідних виробників (Atlas Copco, Kaeser, Seccato, Fini, Abac та ін.), що вимагає високої технічної підготовки персоналу, чіткого дотримання регламентів та якісної організації ремонтних процесів. Ефективність ТО та ремонту компресорів безпосередньо впливає на надійність роботи підприємств-клієнтів, оскільки компресорні установки є ключовими елементами технологічних ліній та систем енергозабезпечення.

Зі складу у Львові та на замовлення (якщо мова стосується спеціального і великого устаткування) компанія пропонує магістральні фільтри стисненого повітря і газу з робочим тиском до 400 атм різних виробників і різного цінового сегмента, рефрижераторні осушувачі стисненого повітря, охолоджувачі/осушувачі для біогазу, адсорбційні осушувачі стисненого повітря на точку роси -20С, -40С, -70С, кінцеві охолоджувачі повітряного і водяного охолодження для стисненого повітря і газу, ресивери, конденсатовідвідники, вологовідділювачі, очисники конденсату для очищення стисненого повітря від масла.

Маючи великий досвід у підборі та реалізації обладнання для очищення та підготовки стисненого повітря, підприємство пропонує найсучасніші та найефективніші рішення нашим замовникам.

Підприємство виконує пусконаладжувальні роботи та монтаж проданого обладнання, Зокрема виконує проектування компресорних станцій, монтаж магістралей та введення в експлуатацію компресорної станції.

На замовлення підприємств ТОВ «Проейр Захід» виконує технічне обслуговування гвинтових та поршневих компресорів, зокрема планові регламентні роботи, заміну фільтрів, мастил, сепараторів та огляд загального стану та вузлів.

Великим попитом користуються послуги щодо забезпечення запасних частин до компресорів. Склад регулярно поповнюється запасними частинами з урахуванням сезонних особливостей. На складі завжди є наявності мастила компресорні CompAir HR4000, ROTOROIL 8000F2/F4, TEDEX L-DAN -46, MOL Compressol RS 46, UNIL Compressor VRD 46 та ін., фільтри повітряні, масляні, сепаратори, піклони тощо, ремені, рукава високого тиску та шланги, термостати, датчики тиску, впускні клапана, електромагнітні клапана, соленоїдні клапана, клапани мінімального тиску, ремкомплекти клапанів, муфти, радіатори, електродвигуни, гвинтові блоки, контролери та шафи керування тощо. Для постійних замовників, формується обов'язковий резерв витратних матеріалів та ремкомплектів.

ТОВ «Проейр Захід» виконує модернізацію компресорів, встановлення частотних перетворювачів, модернізацію систем управління, оптимізацію енергоспоживання та інтеграцію сучасних систем моніторингу.

Всі види робіт ТОВ «Проейр Захід» виконує оперативно та якісно. На підприємстві забезпечують виконання аварійного сервісу 24/7 для промислових клієнтів, що уможливорює для них надійність виконання технологічних процесів.

1.3 Матеріально-технічна база підприємства

Підприємство має власну виробничу інфраструктуру, а саме виробничо-ремонтний цех за допомогою якої виконує капітальні ремонти компресорів, дефекацію, складання та стендові випробування компресорів. Виробничо-ремонтний цех має наступні дільниці та підрозділи:

- дільницю прийому та розбирання компресорів;
- ремонтний цех з робочими місцями механіків;
- дільницю тестування обладнану стендом для тестування компресорних установок;
- склад запасних частин та витратних матеріалів.

Усі дільниці забезпечені необхідними вимірювальними приладами, а саме термометрами, манометрами, віброметрами, витратомірам тощо.

Під час виконання ремонтно-обслуговуючих робіт використовують також інструментально-ремонтне обладнання:

- обладнання для ремонту роторно-гвинтових і поршневих компресорів;
- стенди для діагностики та випробування вузлів;
- інструмент та вимірювальні прилади для точного контролю спрацювання деталей;
- індукційний нагрівач підшипників *TIH 030M/230V, SKF* (Швеція);
- верстат точильний *Start Pro SBG-550S*;
- прес гідравлічний 30 т с вертикальним насосом з манометром;
- мийну камеру *Unicraft TWG1*;
- домкрат пляшковий 20т (235-445мм) з клапаном *Forsage F-T92004*;
- таль ланцюгову механічну *KRAISSMANN 3000 KBC 3.0*;
- верстак *ЗМСБ 1500 R*;
- гвинтовий компресор *AHB5 5 кВт*;
- ресивер 900 л 10 БАР;
- осушувач повітря *Omega AIR*;
- пневмогайковерти;
- превмо шліф машини;

- газо балонне обладнання.
- набори промислових інструментів та знімачів.

Також підприємство володіє сервісними автомобілями *FIAT Nuovo Doblo* та *Ford Focus*, які забезпечують виїзне обслуговування клієнтів.

Наявність сучасної технічної бази дозволяє проводити ремонтні роботи різної складності від технічного обслуговування компресорів, заміни мастила, фільтрів діагностики вузлів до поточного та капітального ремонту при якому виконують розбирання, дефектацію, заміну підшипників, ремонт електродвигунів, відновлення гвинтових пар тощо.

Висновки

1. ТОВ «Проейр Захід» — це спеціалізоване сервісно-виробниче підприємство, що працює на ринку сервісу та ремонту компресорного обладнання в західному регіоні України. Компанія надає повний комплекс послуг, пов'язаний з обслуговуванням систем стисненого повітря, включаючи діагностику, ремонт, модернізацію та постачання запасних частин.

2. Підприємство має виробничо-ремонтний цех за допомогою якої виконує капітальні ремонти компресорів, дефектацію, складання та стендові випробування компресорів. Усі дільниці виробничо-ремонтного цеху забезпечені необхідними вимірювальними приладами, а саме термометрами, манометрами, віброметрами, витратомірам тощо.

3. Наявність сучасної технічної бази дозволяє проводити ремонтні роботи різної складності від технічного обслуговування компресорів, заміни мастила, фільтрів, діагностики вузлів до поточного та капітального ремонту.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ КОМПРЕСОРІВ

2.1 Характеристика парку компресорного обладнання, що обслуговується

Парк компресорного обладнання, яке обслуговує ТОВ «Проейр Захід», є різноманітним за технічними параметрами, конструкцією та умовами експлуатації. Підприємство забезпечує сервіс для промислових та комерційних клієнтів різного профілю: деревообробних, металургійних, харчових, фармацевтичних, агропідприємств та виробничих заводів. Основу обладнання становлять маслозаповнені гвинтові компресори, які є найбільш поширеним типом установок у сучасних системах стисненого повітря.

У структурі обладнання, яке обслуговує ТОВ «Проейр Захід», переважають гвинтові компресори потужністю $7,5\text{--}110\text{ кВт}$, компресорні установки з осушувачами повітря та системами очищення та моделі зі стандартною та змінною частотою обертів (*VSD*).

Гвинтові компресори – це обладнання, яке використовують для отримання стисненого повітря за допомогою гвинтової пари. Широко застосовують у різних галузях промисловості, де потрібна постійна подача стиснутого повітря пневмосистемам. Такий тип компресорних пристроїв компактний, має низький рівень шуму та вібрації, а також невелику вагу. Вони не потребують ні додаткового фундаменту, ні окремого приміщення для встановлення. Вони відрізняються високою ефективністю, надійністю та довговічністю, за досить низької вартості і однаково добре підходять як для великих промислових заводів, так і для невеликих майстерень автосервісу. До основних переваг використання гвинтових компресорів можна віднести:

- високий ресурс роботи обладнання;
- простоту у монтажі, використанні та обслуговуванні;
- надійність обладнання;
- низькі витрати на використання та обслуговування;

- можливість отримувати чисте стиснене повітря;
- низький рівень шуму та вібрації.

Гвинтові компресори мають особливу конструкцію пристрою, яка дозволяє значно зменшити час прогрівання обладнання (до 4 хвилин). Що дозволяє захистити внутрішній простір компресора від небажаного утворення конденсату. А також сприяє підвищенню надійності усієї системи в цілому.

Гвинтові компресори потужністю *7,5–110 кВт* становлять основну групу обладнання, яке обслуговує ТОВ «Проейр Захід». Частка цих компресорів перевищує *80 %* виробничої програми підприємства. Ці компресори є основним напрямом сервісу, оскільки застосовуються на більшості промислових об'єктів.

За потужністю парк гвинтових компресорів поділяється на такі основні групи малої потужності (*7,5–22 кВт*), середньої потужності (*30–55 кВт*) та високої потужності (*75–110 і вище кВт*) (табл.2.1).

Таблиця 2.1 Структура парку гвинтових компресорів за потужністю

Група	Потужність, кВт	Частка у парку, %	Особливості
Мала потужність	7,5–22	40	Часті ТО, робота у невеликих виробництвах, висока чутливість до запиленості
Середня потужність	30–55	35	Найпоширеніша група серед промислових підприємств
Висока потужність	75–110 і вище	25	Потребує висококваліфікованого обслуговування, складні системи охолодження

Компресори малої потужності становлять *40 %* парку гвинтових компресорів. Вони використовуються у невеликих виробництвах, для них характерні часта потреба виконання ТО, висока чутливість до запиленості

повітря. Компресори середньої потужності становлять біля 35 % парку гвинтових компресорів. Це найпоширеніша група компресорів, які використовуються на промислових підприємствах. Компресори високої потужності становлять біля 25 % парку гвинтових компресорів. Вони потребують висококваліфікованого обслуговування та використовують складні системи охолодження.

За типом приводу компресори поділяються на компресори з ремінним та прямим приводом. Ремінний привід, як правило, використовують на малих та середніх потужностях (моделі 7,5–30 кВт). Прямий привід використовується у компресорах із високою потужністю (30–110 кВт).

Частка гвинтових компресорів зі змінною частотою обертів (*VSD / Inverter*) на даний час становить близько 25–30 %. Ці компресори використовують частотні перетворювачі, які забезпечують автоматичне регулювання продуктивності, зниження енергоспоживання, плавний пуск електродвигуна та менший рівень зносу. Їх частка в клієнтському парку постійно зростає. Ці компресори потребують більш складної діагностики.

У стислому повітрі залежно від відносної вологості тією чи іншою мірою присутній конденсат. У пневмережі конденсат не виконує жодної корисної роботи, а лише призводить до корозії пневмоінструменту та інших споживачів стисненого повітря. Навіть установка простого циклонного вологовідділювача або фільтра очищення стисненого повітря укомплектованих автоматичними конденсатовідвідниками допомагає зменшити знос пневматичного обладнання. Тому близько половини компресорів обладнані інтегрованими осушувачами та фільтрацією. Такі компресори використовують рефрижераторні осушувачі, адсорбційні осушувачі (у високоточних галузях), магістральні фільтри класів G, F, S, активного вугілля тощо. На такі системи припадає значна частка сервісних звернень, оскільки потребують регулярного обслуговування.

Проаналізуємо призначення, функції та сфери застосування обладнання підготовки стисненого повітря, які обслуговує та ремонтує підприємство.

Найпростішим пристроєм очищення стисненого повітря є вологовідділювач циклонного типу. Основне його призначення це видалення крапельної вологи, що утворилася після кінцевого охолоджувача компресора.

Магістральний фільтр очищення стисненого повітря залежно від встановленого картриджа у корпус магістрального фільтра виконує різні завдання. Магістральні фільтри грубої та тонкої очистки видаляють вологу та пари, масло та тверді частинки зі стисненого повітря. Магістральні фільтри з паперовими картриджами видаляють тверді частинки, наприклад, після адсорбційного осушувача. Магістральні фільтри з вугільними картриджами видаляють пари олії зі стисненого повітря.

Рефрижераторний осушувач стисненого повітря призначений для видалення вологи зі стисненого повітря за рахунок охолодження стисненого повітря у випарнику та видалення з пневмомережі конденсату. Служить елементом підготовки та очищення стисненого повітря загальнопромислового призначення. Також застосовується для піскоструминних та дробоструминних робіт, для фарбувальних робіт. Забезпечує точку роси стисненого повітря $+3^{\circ}\dots+10^{\circ}\text{C}$.

Адсорбційний осушувач стисненого повітря забезпечує глибоке осушення стисненого повітря, видалення вологи та конденсату на рівень точки роси $-40^{\circ}\text{C}/-70^{\circ}\text{C}$. Застосовується у хімічній, фармацевтичній, нафтогазовій, харчовій промисловості та забезпечує високу якість стиснутого повітря.

Ресивер (повітрозбірник) призначений для згладжування тиску в пневмомережі та акумулювання стисненого повітря. Також служить як пристрій для видалення вологи (особливо ефективний при комплектуванні автоматичним конденсатовідвідником)

Конденсатовідвідник служить для видалення вологи (конденсату) із пневмомережі. Встановлюється на вологовідділювачах, корпусах магістральних фільтрів, ресиверах, рефрижераторних і адсорбційних осушувачах. Існують механічні, електричні конденсатовідвідники, конденсатовідвідники з обігрівом для встановлення на вулиці. Для різних застосувань та завдань блок підготовки та очищення стисненого повітря складатиметься з різного обладнання.

Отримання високоякісного осушеного та очищеного стисненого повітря для спеціальних застосувань. Блок підготовки стисненого повітря після компресора в такому випадку складатиметься з мокрого ресивера, набору магістральних фільтрів перед і після адсорбційного осушувача, адсорбційного осушувача та сухого ресивера.

Окрім стаціонарних компресорів, ТОВ «Проейр Захід» продає та обслуговує мобільні компресорні установки продуктивністю $2\text{--}7\text{ м}^3/\text{хв.}$, тиском $7\text{--}14\text{ бар}$ із дизельними чи бензиновими двигунами (рис.2.1).



Рис. 2.1 Мобільні компресорні установки

Дані мобільні компресорні установки застосовуються на будівництві, дорожніх та монтажних роботах. Їх частка у парку обладнання ТОВ «Проейр Захід» залежно від сезону становить близько 10–15%.

Близько 60–70% компресорів працюють у важких умовах експлуатації: підвищена запиленість, недостатня вентиляція машинних відділень, нерівномірне навантаження протягом доби. Це підвищує потребу в якісному сервісному обслуговуванні та зумовлює поломки компресорів при неякісному обслуговуванні. Тому є потреба вивчити вплив умов використання компресорів на потребу їх обслуговувань та ремонтів.

2.2 Аналіз фактичних умов експлуатації обладнання

Фактичні умови експлуатації гвинтових компресорів, що обслуговуються ТОВ «Проейр Захід», суттєво впливають на їхню надійність, ресурс та частоту технічного обслуговування. У процесі аналізу встановлено, що більшість компресорів працює у середовищі, яке не повністю відповідає оптимальним вимогам виробників, що призводить до підвищеного зношування та збільшення кількості аварійних звернень.

Близько 60–70 % компресорів експлуатуються у важких умовах, а саме високій запиленості приміщення, що прискорює забивання фільтрів і радіаторів, підвищеній температурі у машинних відділеннях, недостатній вентиляції, що призводить до перегрівання компресорної головки, високій вологості, яка ускладнює роботу осушувачів, нерівномірному навантаженні, особливо у підприємств із змінним виробничим циклом, частими пусками та зупинками, що зменшують ресурс двигуна. Це суттєво впливає на термін служби компресорів та обсяг сервісних робіт. Чинники та вплив характеристик умов роботи компресора подано у табл. 2.2.

Температурний режим у машинних відділеннях, де розташовані компресорні установки, характеризується такими особливостями. У середньому температура становить 28–35 °C, що на 5–10 °C вище

рекомендованих значень. У літній період температура нерідко досягає 40–45 °C, що спричиняє:

- перегрів гвинтової пари;
- підвищення температури масла;
- прискорене старіння ущільнень;
- збільшення навантаження на систему охолодження.

Таблиця 2.2 Чинники та характеристика умов роботи компресора

№ п/п	Чинники умов експлуатації	Характеристика умов роботи	Наслідки дії чинника
1	2	3	4
1	Температурний режим у машинних відділеннях	У літній період температура нерідко досягає 40–45 °C	- перегрів гвинтової пари; - підвищення температури масла; - прискорене старіння ущільнень; - збільшення навантаження на систему охолодження.
2	Вентиляція та повітрообмін	- відсутність витяжних вентиляторів або їх недостатня продуктивність; - компресори перекачують нагріте повітря у замкненому просторі; - повітряні канали часто забруднені або неправильно зорієнтовані.	Компресор працює при підвищених температурах, що знижує ефективність і ресурс роботи радіатора та вентиляторів охолодження.

Продовження табл.2.2

1	2	3	4
3	Запиленість середовища	Підвищена концентрація пилу є типовою проблемою для підприємств, що працюють у: - деревообробній та меблевій промисловості, - металургії та обробці металу, - виробництві полімерів, - зернопереробній та агросфері.	- прискорене засмічення повітряних фільтрів (у 2–3 рази швидше від норми); - забруднення поверхні радіатора підвищення температури; - збільшення диференціального тиску на сепараційному елементі; - підвищене споживання електроенергії (до +10–15 %).
4	Вологість та особливості мікроклімату	- харчова промисловість, молокозаводи; - підприємства з мийними лініями; - неутеплені складські приміщення; - сезонна конденсація у зимовий період.	- збільшення навантаження на осушувачі; - ризику корозії внутрішніх каналів; - прискореного забруднення фільтрів; - появи конденсату у магістралях. Підвищує ризик аварійних звернень у зимовий та міжсезонний періоди.

Продовження табл.2.2

1	2	3	4
5	Нестабільний графік роботи компресорів	- нерівномірне навантаження (зміна продуктивності протягом доби); - частих пусків та зупинок, особливо на підприємствах з цикловим характером руху технологічних ліній; - роботи на 100 % завантаженні через недостатню продуктивність компресорної станції клієнта.	- нерівномірне навантаження (зміна продуктивності протягом доби); - частих пусків та зупинок, особливо на підприємствах з цикловим характером руху технологічних ліній; - роботи на 100 % завантаженні через недостатню продуктивність компресорної станції. Для компресорів зі звичайним (неінверторним) приводом це може спричиняти передчасний вихід з ладу станції клієнта.
6	Стан електроживлення	- перепади напруги $\pm 10-15\%$; - перекоси фаз у мережі; - періодичні стрибки струму під час запуску іншого обладнання.	- помилки контролера; - спрацьовування захисту електродвигуна; - вихід з ладу частотних перетворювачів на VSD-компресорах; - прискорене старіння ізоляції обмоток.
7	Просторове розміщення компресорного обладнання	- відсутність відокремленого машинного приміщення, - розташування поруч із джерелами тепла, - обмежений доступ для обслуговування, - монтаж у тимчасових контейнерах без вентиляції.	Це ускладнює виконання сервісних робіт та негативно впливає на ресурс вузлів.

Порушення температурного режиму є однією з головних причин збільшення кількості сервісних робіт, особливо у компресорів потужністю від 30 до 75 кВт.

У понад 60 % компресорних приміщень клієнтів відзначено недостатній повітрообмін вентиляції, який зумовлений відсутністю витяжних вентиляторів або їх недостатньою продуктивністю. Повітряні канали часто забруднені або неправильно зорієнтовані. У результаті компресори перекачують нагріте повітря у замкненому просторі. Внаслідок цього компресор працює при підвищених температурах, що знижує ефективність і ресурс роботи радіатора та вентиляторів охолодження.

Запиленість середовища також негативно впливає на роботу компресора. Підвищена концентрація пилу є типовою проблемою для підприємств, що працюють у деревообробній та меблевій промисловості, металургії та обробці металу, виробництві полімерів, зернопереробній та агросфері. Запиленість середовища призводить негативних наслідків, а саме прискорене засмічення повітряних фільтрів (у 2–3 рази швидше від норми), забруднення поверхні радіатора, підвищення температури, збільшення диференціального тиску на сепараційному елементі, підвищене споживання електроенергії (до +10–15 %). Пил також зменшує ресурс мастила та збільшує навантаження на гвинтову пару.

На ряді підприємств харчової промисловості, молокозаводах, підприємствах з мийними лініями, у неутеплених складських приміщеннях у зимовий період тощо компресори встановлені в умовах підвищеної вологості:

Робота компресорів у приміщеннях із високою вологістю призводить до збільшення навантаження на осушувачі, ризику корозії внутрішніх каналів, прискореного забруднення фільтрів та появи конденсату у магістралях. Це підвищує ризик аварійних звернень таких замовників у зимовий та міжсезонний періоди.

Нерівномірне навантаження (зміна продуктивності протягом доби), часті пусків та зупинки, особливо на підприємствах з цикловим характером руху технологічних ліній, роботи на 100 % завантаження через недостатню продуктивність компресорної станції замовника зумовлює нестабільний графік роботи компресорів. Для компресорів зі звичайним (неінверторним) приводом це може спричинити передчасний вихід з ладу електродвигунів.

На частині об'єктів спостерігаються незадовільний стан електроживлення, а саме перепади напруги перевищують допустимі $\pm 10-15\%$, відбуваються перекоси фаз у мережі, періодичні стрибки струму під час запуску іншого обладнання. Наслідками такого стану електроживлення є помилки контролера, спрацьовування захисту електродвигуна, вихід з ладу частотних перетворювачів на VSD-компресорах, прискорене старіння ізоляції обмоток. Особливо критичними ці фактори є для компресорів високої потужності (75–110 кВт).

Аналіз показує, що частина підприємств розміщує компресори в умовах, які не відповідають вимогам щодо просторового розміщення компресорного обладнання. Зокрема, у частині підприємств відсутні відокремлені машинні приміщення, компресори розташовані поруч із джерелами тепла, обмежений доступ для обслуговування компресорів, компресори змонтовані у тимчасових контейнерах без вентиляції. Це ускладнює виконання сервісних робіт та негативно впливає на ресурс вузлів та агрегатів компресорів.

Умови експлуатації компресорного обладнання, що обслуговує ТОВ «Проейр Захід», можна охарактеризувати як складні та нестабільні:

- понад 60–70 % компресорів працюють у запилених або перегрітих приміщеннях;
- у значної частини клієнтів відсутні оптимальні системи вентиляції та контролю температури;
- нерівномірне навантаження та висока вологість призводять до підвищеного зношування;

- нестабільне енергоживлення є причиною електронних збоїв та аварій.

Ці фактори визначають підвищену потребу у планово-попереджувальному обслуговуванні, регулярній діагностиці та модернізації компресорних систем.

2.3 Оцінка впливу умов експлуатації на ресурс компресора

Фактичні умови роботи гвинтових компресорів у замовників ТОВ «Проейр Захід» суттєво впливають на їхній технічний ресурс та інтервали між плановими обслуговуваннями. Основними факторами, що визначають інтенсивність зносу обладнання є: температурні умови та теплові навантаження, забруднення повітря пилом, режим навантаження та циклічність роботи, якість електроживлення, якість мастильних матеріалів та фактична культура технічної експлуатації.

Проаналізуємо вплив цих факторів на умови роботи компресорів та їх технічний стан за даними спостережень сервісної служби ТОВ «Проейр Захід» та журналу замовлень ремонтів.

Підвищена температура повітря у компресорній (+25...+35 °C і вище) збільшує температурні умови та теплові навантаження, які впливають на температурний режим масляної системи. У результаті перегрів (вище 95–105 °C) прискорює термоокислювальне старіння мастила у 2–3 рази. Швидше відбувається втрати в'язкості, що призводить до прискореного зносу підшипників ротора, зменшення герметичності масляного шару, перегріву повітряного та масляного фільтра та зниження ККД компресора. У результаті відбувається зниження ресурсу підшипників на 20–40%, скорочення ресурсу мастила вдвічі (з 4000 до 2000 мотогодин), підвищується вірогідність аварійної зупинки через спрацювання термозахисту.

Забруднення повітря пилом, яке виникає під час роботи в умовах підвищеної запиленості (виробничі цехи, будмайданчики, деревообробка, металообробка) викликає швидке засмічення повітряних фільтрів підвищення навантаження на компресорний блок, збільшення перепаду тиску на фільтрі

зростання енергоспоживання на 5–10%, попадання абразивних часток у масляну систему та прискорений знос пар тертя. У результаті скорочуються інтервали заміни фільтрів у 2–3 рази, підвищується ймовірність появи задирів на роторах та гільзах підшипників, руйнування підшипників (рис.2.1) відбувається зменшення загального ресурсу компресорного блока до 60–70% від паспортного.

Часті пуски та зупинки компресора, режим перевантаження та циклічність роботи збільшують ударні навантаження на підшипники та муфти. Робота у режимі неповного завантаження (<30–40% від номіналу) сприяє підвищеній вологості та утворенню емульсії в маслі. Перевантаження (>90–100% продуктивності) призводить до перегрівів та зростання тиску в маслосепараторі. У результаті відбувається зменшення ресурсу підшипників і муфт на 25–30%, прискорене старіння мастильної системи, збільшення робочих тисків у системі та ризик руйнування сепаратора.



Рис.2.1 Поява задирів на роторах та гільзах підшипників, руйнування підшипників

Якість електроживлення, яка характеризується перепадами напруги $\pm 10\text{--}15\%$ спричиняє нерівномірний запуск, підвищення пускових струмів. Нестабільне живлення призводить до перегріву електродвигуна та втрати ізоляційних властивостей. У результаті відбувається передчасний вихід з ладу підшипників електродвигуна та зменшення ресурсу обмоток на $15\text{--}20\%$.

Культура технічної експлуатації характеризується несвоєчасною заміною мастила, фільтрів та сепараторів, використанням неоригінальних або низькоякісних фільтроелементів, недостатнім контролем рівня мастила, ігноруванням вібраційного та температурного моніторингу. У результаті відбувається неконтрольований знос компресорного блока (рис.2.2), ризик заклинювання ротора, перехід планових ремонтів у аварійні.



Рис.2.2 Неконтрольований знос компресорного блока

Фактичні умови експлуатації гвинтових компресорів у замовників ТОВ «Проейр Захід» загалом характеризуються підвищеними навантаженнями, що безпосередньо скорочує їхній ресурс та підвищує собівартість обслуговування.

Даними експертної оцінки працівників сервісної служби ТОВ «Проейр Захід» нами узагальнено вплив умов експлуатації на ресурс компресора (табл.2.3).

Таблиця 2.3 Узагальнення впливу умов експлуатації на ресурс компресора

Фактор	Оцінка впливу	Зниження ресурсу, %
Підвищена температура	Високий	20–40%
Підвищена запиленість	Високий	30–50%
Часті пуски/зупинки	Середній	15–25%
Перевантаження	Високий	20–30%
Низька якість електроживлення	Середній	10–20%
Культура технічної експлуатації (порушення регламенту ТО)	Дуже високий	40–60%

Основними негативними чинниками експлуатації компресорів є запиленість середовища, температурні перевантаження, циклічність роботи та несвоєчасне проведення технічного обслуговування.

Це створює передумови для розробки заходів з оптимізації системи ТО та ремонту, що включає модернізацію фільтрації, впровадження моніторингу стану, оптимізацію режимів роботи та удосконалення графіків ТО.

2.4 Типові несправності компресорів

Аналіз роботи гвинтових компресорів у фактичних умовах експлуатації, характерних для підприємств-клієнтів ТОВ «Проейр Захід», свідчить про підвищену частоту виникнення специфічних несправностей, пов'язаних із перевищенням рекомендованих температур, недостатньою вентиляцією, запиленістю, підвищеною вологістю та нестабільністю навантаження. Ці несправності виникають систематично та суттєво впливають на надійність, енергоефективність та ресурс компресорного обладнання. Типові пошкодження компресорних установок, частота звернень

споживачів, причини пошкоджень та їх наслідки за даними журналу обліку замовлень ТОВ «Проейр Захід» подано у табл.2.4.

Таблиця 2.4 Типові пошкодження компресорних установок, частота звернень споживачів, причини пошкоджень та їх наслідки

№ п/п	Назва пошкодження	Частота пошкоджень	Причини пошкоджень	Наслідки пошкоджень
1	Перегрів компресорної головки	50–60 % аварійних звернень	- висока температура у приміщенні (30–45 °С); - забруднений радіатор або недостатній тепловідвід; - низький рівень або погана якість мастильного матеріалу; - тривала робота під 100 % навантаження; - відсутність або неправильне розміщення вентиляційних каналів.	- прискорене старіння гвинтової пари; - руйнування мастильної плівки та зношування елементів; - зниження продуктивності; - аварійне вимкнення компресора по температурі.

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
2	Забруднення та швидке засмічення повітряних фільтрів	40–55 %	- підвищена запиленість цеху; - неправильне встановлення повітрозабору.	- падіння продуктивності на 10–20 %; - збільшення навантаження на електродвигун; - зростання температури масла і повітря; - руйнування мастильної плівки, зношування елементів, - передчасне спрацювання сепараційних елементів.
3	Підвищення диференціального тиску на масло відділювачів (сепараторі)	30–40 % аварійних звернень	- використання дешевих або неоригінальних картриджів; - неправильний інтервал заміни; - потрапляння пилу та вологи у мастило.	- збільшення споживання електроенергії на 15–20 %; - винесення мастила у повітропровід; - швидший знос гвинтової пари.
4	Витоки стисненого повітря в магістралях	30–40 % усіх об'єктів	- старі або неякісні повітропроводи; - неправильний монтаж з'єднань; - вібраційні навантаження.	- збільшення циклів навантаження/розвантаження; - перевитрата електроенергії (5–30 %); - передчасний знос двигуна та пускової апаратури.

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
5	Підвищена вібрація компресорної установки	20–30 % компресорних установок	- знос підшипників електродвигуна; - дисбаланс вентилятора або муфти; - нерівна поверхня встановлення компресора; - розбалансування гвинтової пари при низькому рівні мастила.	- пошкодження обмоток двигуна; - руйнування кріплень; - аварійні зупинки через вібрацію.
6	Аварії електронних систем керування	15–25 % компресорних установок	- перепади напруги та перекося фаз; - нестабільна електромережа; - недостатнє охолодження контролера; - забруднення монтажного відділення.	- збої в роботі VSD-приводу; - помилкові аварійні спрацьовування; - відмова панелі керування.

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
7	Порушення роботи системи осушування	20-25 % компресорних установок	- висока вологість приміщення; - недостатня робота конденсато-відводів; - забруднення теплообмінників. - осушувачів.	- потрапляння вологи у систему пневматики; - корозія магістралей, клапанів та пневмоінструменту; - утворення конденсату взимку.
8	Прискорене зношування гвинтової пари	5–10 % аварійних звернень	- високі робочі температури; - неякісне або невчасно замінене мастило; - забруднення повітря та попадання частинок у компресор.	- зниження продуктивності та тиску; - збільшення зазорів гвинтової пари; - потреба в дорогому капітальному ремонті
9	Витоки мастила та несправності ущільнювальних елементів	10–15 % компресорних установок	- високий тиск у сепараторі; - старіння сальників через перегрів; - забруднення та окиснення масла.	- зниження рівня мастила, - перегрів; - потрапляння мастила у систему повітря; - ризик виходу з ладу компресорної пари.
10	Часті аварійні зупинки через роботу на 100 % навантаженні	30–40 % компресорних установок	- недостатня сумарна продуктивність компресорної станції клієнта; - постійний витік повітря; - нестабільний технологічний цикл.	- підвищене енергоспоживання; - знос двигуна та пускової апаратури; - перегрів та вихід з ладу вузлів.

Умови експлуатації, характерні для більшості клієнтів ТОВ «Проейр Захід», призводять до підвищеної кількості типових несправностей, які:

- збільшують витрати підприємств на ремонт,
- спричиняють аварійні зупинки та простій обладнання.
- скорочують ресурс гвинтової пари, пошкоджують гвинтову пару,

корпус та підшипники (рис.2.3, 2.4).



Рис.2.3 Аварійне спрацювання корпусу компресора



Рис.2.3 Аварійне пошкодження гвинта та посадкового місця підшипників

- нестабільний технологічний цикл.

Окрім того, часті аварійні зупинки через роботу на 100 % навантаження, які зумовлені недостатньою сумарною продуктивністю компресорної станції клієнта або постійним витокм повітря підвищують енерговитрати, підвищене енергоспоживання, знос двигуна та пускової апаратури, перегрів та вихід з ладу вузлів тощо.

2.5 Аналіз технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту компресорів у ТОВ «Проейр Захід»

Ремонт компресорів у ТОВ «Проейр Захід» включає такі основні етапи (рис. 2.4): первинну діагностику (вимірювання продуктивності, тиску,

температури, вібрації); розбирання та дефектування вузлів; узгодження кошторису з клієнтом; ремонт або заміна несправних елементів; збирання, тестування на стенді та випробування під навантаженням; передачу обладнання замовнику з гарантією.



Рис.2.4 Схема технологічного процесу ремонту компресорів у ТОВ «Проейр Захід»

Під час прийому обладнання та первинної діагностики здійснюють перевірку тиску, продуктивності, аналізу температурного режиму, вимірювання вібрацій, аналіз шумів, течій, аварійних кодів.

Під час дефектації та розбирання виконують повне розбирання компресора, оцінку стану гвинтової пари чи поршневої групи, оцінку зносу підшипників та ущільнень (рис.2.5). Завершують дефектацію складанням дефектувального акту.



Рисунок 2.5 Дефектування гвинта

На етапі узгодження робіт з клієнтом виконують формування кошторису, визначення термінів ремонту, погодження переліку запчастин та узгоджують кошторис із замовником.

Під час ремонту та відновлення вузлів виконують заміну підшипників, очищення та відновлення корпусів, ремонт електродвигунів, відновлення каналів подачі мастила та збирання компресора.

Відремонтований компресор випробовують та тестують на стенді під навантаженням, контролюють його тиск та продуктивність, вимірюють температуру та вібрації, перевіряють на герметичність.

Відремонтований компресор видають замовнику, оформляють гарантії та надають рекомендації щодо подальшої експлуатації.

Підприємство активно впроваджує модернізацію технічних процесів ремонту компресорів. Займається вдосконаленням систем діагностики, оптимізацією логістики запасних частин, застосування енергоефективних технологій у компресорних системах.

До недоліків обслуговування та ремонту гвинтових компресорів у ТОВ «Проейр Захід» можна віднести недостатню автоматизація діагностики, відсутність або недостатність систем онлайн-моніторингу (вібрації, температури, тиску, якості масла. Це ускладнює раннє виявлення прихованих дефектів. Проблеми створює залежність від постачання оригінальних запчастин від закордонних заводів виробників. Затримки з поставками запчастин можуть збільшувати тривалість простою. Висока вартість фірмових комплектуючих знижує економічну ефективність ремонту. Це збільшує також часові витрати на складні ремонти

Підприємству потрібно звернути важливу увагу на розробку та стандартизацію ремонтної документації. Цей процес гальмується через обмежену кількість висококваліфікованих спеціалістів. Як і в багатьох сервісних компаніях, є кадровий дефіцит інженерів саме по гвинтових компресорах. На вирішення цієї проблеми підприємство співпрацює із факультетом механіки, енергетики та інформаційних технологій Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького.

Потребує розвитку забезпечення ремонтного процесу сервісним обладнанням, є брак спеціальних інструментів (наприклад, для точної перевірки геометрії гвинтової пари), недостатня оснащеність діагностичними приладами.

Проблемним питанням є відновлення деталей. На підприємстві немає обладнання для виконання окремих відновлювальних операцій, зокрема відновлення площинності корпусів та їх кришок, відновлення посадкових місць валів тощо. Ці роботи виконують на замовлення суміжні підприємства, що вимагає додаткових затрат часу та коштів

Є труднощі організації ремонту гвинтових компресорів на виїзді до замовників. Не всі види ремонту зручно робити в умовах підприємства замовника. Гвинтові компресори мають складні вузли (масляний сепаратор, гвинтовий блок, систему охолодження), доступ до яких іноді ускладнений

конструкцією. Це збільшує тривалість ремонтних операцій. Іноді потрібне повернення компресора на базу, що збільшує простій у клієнта.

Проблеми створює неповний облік реальної експлуатації обладнання у замовників. Замовники не завжди ведуть точні журнали навантажень, умов роботи та температур, недостатньо суворо дотримуються регламентів обслуговування. Через це планові регламенти можуть не відповідати фактичному зносу обладнання. Можливі помилки при обслуговуванні (наприклад, неправильне встановлення сепаратора або фільтрів).

На підприємстві ведуться історії ремонтів компресорних установок замовників переважно у вигляді паперових актів і таблиць. Планування виїздів сервісних інженерів здійснюється вручну згідно до розробленого графіка. Наявні випадки несвочасної заміни фільтрів та мастила через неточності в обліку напруження. Частина обладнання замовників працює у важких умовах (висока запиленість, підвищена вологість), що збільшує ризик аварій.

Висновки

1. ТОВ «Проейр Захід» обслуговує парк компресорного обладнання, який є різноманітним за технічними параметрами, конструкцією та умовами експлуатації. Підприємство забезпечує сервіс для промислових та комерційних клієнтів різного профілю: деревообробних, металургійних, харчових, фармацевтичних, агропідприємств та виробничих заводів. Основу обладнання становлять маслозаповнені гвинтові компресори, які є найбільш поширеним типом установок у сучасних системах стисненого повітря.

2. Близько 60–70 % компресорів експлуатуються у важких умовах, а саме високій запиленості приміщення, що прискорює забивання фільтрів і радіаторів, підвищеній температурі у машинних відділеннях, недостатній вентиляції, що призводить до перегрівання компресорної головки, високій вологості, яка ускладнює роботу осушувачів, нерівномірному навантаженні, особливо у підприємств із змінним виробничим циклом, частими пусками та

зупинками, що зменшують ресурс двигуна. Це суттєво впливає на термін служби компресорів та обсяг сервісних робіт.

3. Виконано аналіз чинників та характеристик умов роботи компресорів та їх вплив технічний стан. Умови експлуатації компресорного обладнання, що обслуговує ТОВ «Проейр Захід», можна охарактеризувати як складні та нестабільні. Понад 60–70 % компресорів працюють у запиленних або перегрітих приміщеннях. У значної частини клієнтів відсутні оптимальні системи вентиляції та контролю температури. Нерівномірне навантаження та висока вологість призводять до підвищеного зношування. Нестабільне енергоживлення є причиною електронних збоїв та аварій.

4. Основними негативними чинниками експлуатації компресорів є запиленість середовища, температурні перевантаження, циклічність роботи та несвоєчасне проведення технічного обслуговування.

5. За даними журналу обліку замовлень ТОВ «Проейр Захід» вивчено типові пошкодження компресорних установок, частота звернень споживачів, причини пошкоджень та їх наслідки.

РОЗДІЛ 3

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ГВИНТОВИХ КОМПРЕСОРІВ В УМОВАХ ТОВ «ПРОЕЙР ЗАХІД»

3.1 Впровадження системи планово-попереджувального обслуговування

На підприємстві ведуться історії ремонтів компресорних установок замовників переважно вручну. Недоліки обліку напрацювань, який ведеться у вигляді паперових актів і таблиць спричиняє подеколи порушення графіків виконання операцій ТО компресорів. Планування виїздів сервісних інженерів здійснюється вручну згідно до розробленого графіка. Наявні випадки несвоєчасної заміни фільтрів та мастила через неточності в обліку напрацювання. Для усунення цих недоліків доцільно запровадити систему планово-попереджувального обслуговування.

Система планово-попереджувальне обслуговування це організована система технічних заходів, спрямована на запобігання відмовам, зниження зносу вузлів та продовження ресурсу гвинтових компресорів. Система планово-попереджувального обслуговування базується на регламентованих інтервалах обслуговування, які враховують: напрацювання обладнання у годинах, умови експлуатації (температура, запиленість, навантаження) та рекомендовані інтервали ТО від виробника.

У контексті роботи ТОВ «Проейр Захід» система планово-попереджувального обслуговування дозволяє зменшити кількість аварійних виїздів, стабілізувати навантаження на сервісні бригади та підвищити задоволеність замовників. Основними цілями впровадження системи планово-попереджувального обслуговування є:

- скорочення кількості позапланових відмов гвинтових компресорів;
- збільшення ресурсу гвинтового блоку, підшипників та системи охолодження;

- оптимізація витрат клієнтів на ремонт через запобігання дорогим поломкам;
- підвищення ефективності роботи сервісної служби завдяки прогнозованому графіку.
- покращення конкурентних позицій підприємства за рахунок якісного сервісу.

Ключовими елементами системи планово-попереджувального обслуговування є

1. Формування індивідуальних планів ТО. Для кожної одиниці обладнання створюється паспорт обслуговування, що містить:

- модель та серійний номер компресора;
- робочі параметри;
- історію попередніх сервісних робіт;
- графік майбутніх ТО за напрацюванням (ТО-500, ТО-1000, ТО-2000, ТО-4000 тощо).

2. Розробка стандартизованих регламентів робіт.

Для кожного типу ТО потрібно створити детальні інструкції, які мають містити:

- перелік операцій (заміна фільтрів, сепаратора, масла; перевірка запобіжних клапанів; очищення теплообмінника тощо);
- необхідні інструменти;
- нормативний час виконання;
- показники, які потрібно зафіксувати після ТО (тиск, температура, залишкова волога, шум тощо).

3. Використання цифрової системи управління ППО.

- Впровадження CRM системи. CRM системи (Customer Relationship Management) це програмне забезпечення для управління взаємовідносинами з клієнтами, яке допомагає компаніям збирати, зберігати та аналізувати дані про клієнтів, автоматизувати процеси продажів, маркетингу та обслуговування, покращуючи таким чином задоволеність клієнтів та

збільшуючи прибуток, зберігаючи історію спілкувань, контактну інформацію, угоди в єдиному місці. Це інструмент для автоматизації рутини, координації команди та побудови довгострокових відносин з клієнтами та партнерами. Уможливорює зберігання всієї інформації про клієнтів та партнерів в одному місці (контакти, історія покупок, звернення, комунікації). Автоматизацію рутинних завдань (наприклад, надсилання листів, нагадувань, створення документів). Відстеження клієнтів продажів, постановка завдань менеджерам, контроль виконання угод. Сегментацію клієнтів, планування та автоматизацію маркетингових кампаній, аналітику каналів залучення. Швидкий доступ до історії клієнта для вирішення питань, управління зверненнями та скаргами, портали самообслуговування. Надання керівникам повної картини процесів, аналітику ефективності роботи та прийняття обґрунтованих рішень.

Вся інформація про клієнтів завдяки CRM системи зберігається централізовано, що полегшує роботу новим співробітникам та забезпечує безперервність бізнесу та дозволяє:

- автоматично створювати нагадування про строки ТО;
- контролювати наявність необхідних запчастин;
- формувати електронну історію ремонту;
- оптимізувати роботу інженерів з урахуванням маршруту та завантаженості.

4. Контроль якості та аудит виконаних робіт:

- фото- та відеофіксація ключових операцій;
- перевірка параметрів компресора до та після ТО;
- щоквартальні «вибіркові» аудити виконаних робіт.

Для впровадження системи планово-попереджувального обслуговування на підприємстві нами розроблено план, яких охоплює 5 етапів (рис.3.1).



Рис.3.1 План впровадження системи планово-попереджувального обслуговування на підприємстві

На першому етапі виконують аналіз поточного стану обслуговування компресорів, а саме оцінку частоти аварійних зупинок, аналіз причин відмов та виявлення найбільш проблемних моделей компресорів та замовників, які генерують потік несправностей компресорів.

На другому етапі виконують розробку регламентів та графіків виконання ТО для різних моделей компресорів. Для різних моделей компресорів потрібно створити стандарти ТО та на підставі рекомендацій виробників визначити інтервали робіт.

На третьому етапі потрібно провести навчання персоналу підприємства та тренінги для замовників щодо виконання регламентів, фіксації даних та ведення документації.

На четвертому етапі потрібно провести запуск цифрової системи планово-попереджувального обслуговування для внесення всіх компресорів у

базу, налаштувати автоматичні нагадування та тестування у реальних умовах.

На п'ятому етапі потрібно провести аналіз результатів і корекцію системи для відстеження зменшення аварійних ремонтів, корекції інтервалів ТО згідно з фактичними даними та покращення логістики запчастин.

Очікуваними результатами від впровадження системи планово-попереджувального обслуговування компресорів для сервісної служби ТОВ «Проейр Захід» є зменшення кількості хаотичних аварійних виїздів, досягнення більш рівномірного завантаження майстрів та полегшення планування закупівель та запасів.

Для споживачів очікується зменшення аварій та простоїв, зниження витрат на дорогі ремонти, створення цифрового графіка ТО для кожного компресора з урахуванням напрацювання в годинах, автоматичні нагадування про строки заміни масла, фільтрів, сепараторів, зменшення ризику аварійного зупинення та продовження ресурсу гвинтової пари, а також підвищення довіри до сервісної компанії.

У результаті впровадження системи планово-попереджувального обслуговування компресорів очікуються наступні загальні економічні ефекти:

- скорочення витрат на ремонт компресорів до 20–30%;
- збільшення ресурсу обладнання на 15–25%;
- підвищення стабільності роботи компресорів.

3.2 Удосконалення оснащення підприємства ремонтним обладнанням та спеціалізованими інструментами

Ефективність технічного обслуговування та ремонту гвинтових компресорів значною мірою залежить від того, наскільки якісно та повно оснащені ремонтним обладнанням та спеціалізованими інструментами виробничо-ремонтний цех та сервісна служби. Наявність ремонтного

обладнання, спеціалізованих інструментів і діагностичного обладнання дозволяє скоротити час простою компресорів, підвищити точність діагностики та забезпечити високий рівень сервісу, що є критично важливим для ТОВ «Проейр Захід».

Гвинтові компресори містять складні механічні, електричні та електронні вузли — гвинтовий блок, систему мастила, сепараційний модуль, теплообмінники, контролери, силові кабелі та привідні системи. Для якісного обслуговування такого обладнання необхідні точне вимірювальне обладнання, інструменти для роботи під високим тиском, пристрої для аналізу стану компресорних систем, засоби для безпечного виконання робіт. Без цих засобів підприємство не може забезпечити своєчасне й якісне усунення несправностей.

Діагностичне обладнання необхідне для виявлення відхилень у роботі компресорів ще до появи критичних поломок. Основними засобами для оцінки стану підшипників гвинтового блока та електродвигуна є віброметри та аналізатори вібрації. Для виявлення перегрівів у блоках охолодження, електричних щитах, підшипниках доцільно застосовувати теплові зори. Для вимірювання тиску у пневмосистемах застосовують манометри високоточного класу. Для аналізу повітряного тракту та ефективності охолодження застосовують анемометри та термогігрометри. Для читання кодів помилок, журналів роботи, параметрів завантаження компресора електронні сканери контролерів.

Для розбирання, складання та регулювання вузлів компресора використовуються спеціалізовані механічні інструменти, а саме динамометричні ключі (для точного затягування з'єднань, особливо на гвинтовому блоці), знімачі підшипників різних типів, набори торцевих і шестигранних ключів промислового класу, спеціальні ключі для фільтрів і сепараторів, інструменти для розгортання та центрування валів, промислові домкрати та стійки для зняття двигунів.

Електротехнічний інструмент обов'язковий для роботи з електродвигунами, частотними перетворювачами та шафами управління. Основними інструментами є мультиметри з True RMS, кліщі для вимірювання пускових та робочих струмів, тестери ізоляції (мегаомметри), індикатори чергування фаз, обладнання для перевірки параметрів частотних перетворювачів (VFD-тестери), набори для обтискання силових та сигнальних контактів.

Оскільки гвинтовий компресор працює в масляно-інжекційному середовищі, точне обслуговування систем мастила є критично важливим. Для цього потрібне таке обладнання для обслуговування систем мастила: насоси для відкачування відпрацьованого масла, ручні чи електричні заливні станції, фільтрувальні установки для очищення масла, герметичні ємності для транспортування, інструмент для вилучення та затягування масляних сепараторів.

Важливими є засоби для технічного обслуговування повітряних трактів, а саме манометри та дифманометри для оцінки забруднення фільтрів, інструменти для демонтажу/монтажу повітряних фільтрів, пневматичні шланги та з'єднання для очищення систем.

Виробничо-ремонтний цех переважно забезпечений необхідним обладнанням для виконання діагностичних, дефектувальних, розбирально-складальних та випробувальних робіт.

Для сервісної служби ТОВ «Проейр Захід» важливо мати повністю укомплектовані сервісні автомобілі. До укомплектування сервісних автомобілів рекомендується включити портативний компресор або генератор, набір витратних матеріалів (фільтри, ремені, сепаратори), мобільний комплект діагностики, набори кріплень і герметиків, аптечку та індивідуальні засоби захисту.

Важливим недоліком технічного забезпечення ремонтних процесів на підприємстві є відсутність верстатів для виконання ремонтно відновлювальних робіт. Часто виникає необхідність відновлювати як

площину так і різьбу гвинта гвинтового блоку (рис.2.3), відновлення посадкових місць під підшипники після попередньої наварки валу. Ці роботи підприємство виконує на інших підприємствах, що спричиняє зростання тривалості ремонту компресора та його вартості.

Для виконання цієї роботи потрібно придбати багатофункціональний токарний верстат JET BD-8A (рис.3.2). Цей верстат одна із старших моделей токарних верстатів компанії JET, розрахованих на індивідуальне застосування. Він орієнтований на досвідчених користувачів і дозволяє проводити безліч різних операцій із високою точністю обробки. Токарним верстатом можна відновлювати як площину так і різьбу гвинта гвинтового блоку, відновити посадкові місця під підшипники після попередньої наварки валу. Прискорить процес і надасть можливість повернути сходжені деталі до заводських параметрів.



Рис. 3.2 Багатофункціональний токарний верстат JET BD-8A

Дана модель оснащена пристроями автоматичного поздовжнього та поперечної подачі заготовки з реверсивним механізмом. Граничні діаметри обробки: над станиною 200 мм, над супортом – 140 мм. Чавунна станина забезпечує високу жорсткість BD-8 A та ефективно поглинає вібрації. Ця

модель має цифрову індикацію частоти обертів шпинделя, плавне регулювання швидкості в обох напрямках проводиться за допомогою сенсорних клавіш. На даному верстаті є різьбовказівник, що гарантує високу якість продукту на виході. На верстаті передбачено регулювання зазорів напрямних (загартовані, шліфовані) клиновими планками. Задній супорт має регулювання зміщення для обточування конусів та важіль швидкої фіксації [21].

Ще однією проблемою є усунення спрацювання та відновлення площини поверхні кришки корпусу компресора (3.3).



Рис.3.3 Спрацювання площини поверхні кришки корпусу компресора

Для виконання роботи відновлення площини поверхні кришки корпусу компресора потрібно придбати плоскошліфувальний верстат CORMAK MY820 (200x480) (рис.3.4).

Цим плоскошліфувальним верстатом можна відшліфувати будь які поверхні прилягання навіть ті, які були деформовані у зв'язку з температурним розширенням чи механічним дефектом.



Рис.3.4 Плоскошліфувальний верстат CORMAK MY820 (200x480)

Плоскошліфувальний верстат CORMAK MY820 (200x480) забезпечує поперечний рух столу 220 мм, повздовжній рух столу 530 мм. Вертикальна подача 2,5 мм/об, оберти шпинделя 2850 об/хв. Максимальна відстань від центру шпинделя до столу 490 мм. Габаритні розміри 1680x1140x1800 мм. Потужність двигуна S1 1,1 кВт [20].

Впровадження діагностичних приладів до мобільних сервісних комплектів, сучасного обладнання для відновлення деталей та діагностичних інструментів дозволяє суттєво зменшити кількість аварійних зупинок, забезпечити високу якість робіт та зміцнити позиції компанії на ринку.

3.3 Використання систем онлайн-моніторингу та діагностики

Для безперервного контролю технічного стану гвинтових компресорів у режимі реального часу потрібно запровадити систему онлайн-моніторингу та діагностики. Система онлайн-моніторингу та діагностики забезпечує можливість відстеження ключових параметрів роботи, оперативно виявляти відхилення у режимах роботи та прогнозувати можливі відмови ще до появи критичних наслідків. Для сервісної компанії ТОВ «Проейр Захід»

такі системи є важливим елементом удосконалення сервісу, оскільки дозволяють виконувати прогностичне обслуговування та зменшувати кількість аварійних виїздів.

Використання систем онлайн-моніторингу має дати можливість контролювати параметри роботи компресора, а саме

- тиск на вході та виході;
- температуру компресорного масла та гвинтового блока;
- рівень залишкового тиску в системі;
- струм та навантаження електродвигуна;
- частоту обертів при наявності VSD/VFD;
- ступень забруднення фільтрів;
- рівень вібрації вузлів.

Наявність таких даних дозволяє швидко ідентифікувати:

- перегрів компресора,
- втрати продуктивності,
- падіння мастильного тиску,
- кавітацію,
- початковий етап виходу з ладу підшипників або гвинтової пари.

Ця інформація уможливить автоматичне попередження про критичні стани компресора та згенерувати сповіщення:

- SMS / email повідомлення;
- попереджувальні сигнали в сервісній панелі;
- автоматичні заявки в CRM-система

Попередження можуть стосуватися високої температури, низького тиску масла, перевищення допустимої вібрації або прискореного забруднення сепаратора.

Завдяки накопиченню даних формується «карта поведінки» компресора, графіки зміни параметрів, аналіз навантаження за днями/тижнями/місяцями. У результаті це дозволяє прогнозувати строк заміни масла або фільтрів не за паспортом, а за реальним станом, момент

виникнення підшипникових дефектів, ризик перегріву в спекотний період та вихід електродвигуна на критичні режими. Таким чином, сервіс зможе переходити від системи планово-попереджувального обслуговування до прогностичного технічного обслуговування (Predictive Maintenance).

Для запровадження системи онлайн-моніторингу та діагностики треба придбати технічні компоненти систем онлайн-моніторингу, а саме датчики та сенсорні модулі, температурні датчики, датчики тиску та потоку, вібродатчики (акселерометри), сенсори рівня мастила, датчики якості повітря на всмоктуванні тощо.

Для передавання даних можна скористатися комунікаційним модулем STL410 (модуль QUECTEL EG915U), з інтерфейсами RS232 і RS485, 100-240 В, 50 Гц, який є простим і якісним промисловим GSM/LTE модемом з вбудованим блоком живлення, який призначений для використання під час автоматизованого стійкого передавання даних із приладів обліку електроенергії, тепла, води та інших енергетичних ресурсів у віддалений центр збору даних (рис.3.5).



Рис.3.5 Комунікаційний модуль STL410

Для передавання даних використовуються технології TCP/IP протоколів передавання даних GSM і LTE мереж мобільних операторів. Модем працює з лічильниками різних виробників. Для передавання даних у віддалені центри використовуються CSD/GPRS технології GSM мережі та

TCP/IP протоколи. Для унеможливлення ситуації зависання GSM модему, всі етапи з'єднання та передавання даних у процесі роботи відстежуються (збої SIM-картки, рівень GSM-сигналу, реєстрація в GPRS-мережі, збої в мережі оператора зв'язку, передавання даних через TCP/IP-сокет, активність на порту даних и т. п.). Це забезпечує максимально швидке відновлення з'єднання. Також для найбільш критичних ситуацій є таймер примусового перезавантаження (інтервал перезавантаження налаштовується користувачем). GSM/GPRS модеми STL410 призначені для створення стабільного каналу передавання даних від приладів обліку (електрозрахунки, водоміри, теплообчисники) до місця збирання та обробки даних.

Для програмного забезпечення доцільно використати мобільні додатки для сервісних інженерів та інтеграцію з CRM/CMMS.

Використання систем онлайн-моніторингу та діагностики для ТОВ «Проейр Захід» дозволить оптимізувати сервісну діяльність, зменшити кількість аварійних виїздів, чітко планувати роботи, рівномірно завантажувати сервісних інженерів.

Підвищення якості діагностики дозволить інженеру отримувати дані про компресор до прибуття на об'єкт, що дозволяє правильно підібрати інструменти, підготувати комплект запчастин, точно визначити необхідний обсяг робіт.

Онлайн-моніторинг дозволить скоротити простой компресорів клієнтів, зупинити компресор до серйозної поломки, запланувати ремонт у зручний час, уникнути аварійного пошкодження дорогих вузлів (наприклад, гвинтового блока).

Використання онлайн-моніторингу забезпечує значний економічний ефект. Зокрема очікується скорочення аварійних ремонтів на 40%, збільшення ресурсів компресорів на 15–25%, зниження витрат на ремонт на 20–30% та збільшення довіри до сервісної компанії.

План впровадження системи на підприємстві:

1. Створення пілотного проекту для кількох ключових клієнтів.

2. Обладнання компресорів пілотного проекту базовими сенсорами (датчики вібрації, температури, тиску та потоку масла) та модулями передачі даних.

3. Налаштування серверної платформи для передачі даних ранньої діагностики дефектів (розбалансування, забруднення охолодження, падіння продуктивності) на сервісний центр у режимі реального часу та панелі сервісних інженерів.

4. Інтеграція даних з системою планового ТО.

5. Навчання персоналу.

6. Розгортання системи на більшій кількості об'єктів.

3.4 Оптимізація логістики та запасів запчастин

Ефективна логістика має важливе значення у сервісному обслуговуванні компресорів. Логістика запасних частин є критичним елементом діяльності сервісної компанії ТОВ «Проейр Захід», оскільки саме швидкість доступу до необхідних комплектуючих визначає тривалість ремонтів, рівень простоїв у клієнтів та загальну якість сервісу.

Для ТОВ «Проейр Захід» оптимізація логістики дозволяє мінімізувати простій обладнання, скоротити витрати та підвищити конкурентоспроможність на ринку компресорного обслуговування.

Типові проблеми, на вирішення яких спрямована оптимізація логістики є затримки ремонтів через відсутність окремих фільтрів чи ремкомплектів, зайві фінансові витрати на зберігання великого складу, ризики пов'язані з постачанням запчастин із-за кордону, низька точність прогнозування потреб у запчастинах, дублювання позицій або неефективне списання.

Оптимізація логістики дозволяє уникнути цих недоліків та зробити сервіс більш прогнозованим і ефективним. Для забезпечення оперативного обслуговування гвинтових компресорів необхідно мати постійний запас

найбільш ходових комплектуючих, до яких віднесемо: масляні фільтри, повітряні фільтри, сепаратори, ремені приводу, комплекти ущільнень, датчики температури і тиску, масло певних сортів, запірна арматура та фітинги. Такі запаси дозволяють виконувати ТО-500/1000/2000 без затримок.

Для підвищення керованості складом рекомендується застосувати комбінований метод ABC-аналізу та XYZ-аналізу.

ABC-аналіз полягає у поділі запчастин їх цінністю та обігом. Це метод класифікації ресурсів (товарів, клієнтів, продажів), що базується на принципі Парето (80/20), щоб визначити найважливіші елементи для бізнесу, розділяючи їх на три категорії: А (найважливіші), В (середні), С (найменш важливі). Він допомагає оптимізувати асортимент, запаси, роботу з клієнтами та підвищити прибуток, фокусуючись на пріоритетах.

XYZ-аналіз — це метод класифікації товарів або ресурсів за стабільністю їхнього попиту, що дозволяє оптимізувати управління запасами, планування закупівель та асортимент, розділяючи позиції на три групи (X, Y, Z) залежно від рівня коливань продажу, вираженого коефіцієнтом варіації. Категорія X (низька варіація) — стабільний попит, Y (середня) — мінливий, але прогнозований, а Z (висока) — непередбачуваний попит.

Використання комбінованого методу ABC-аналізу та XYZ-аналізу дозволяє визначити, які позиції повинні бути завжди на складі, які можна замовляти під конкретний проект, які не варто тримати у великій кількості.

ТОВ «Проейр Захід» може скоротити ризики завдяки укладанню довгострокових договорів з постачальниками. Для цього потрібно підписати угоди на регулярні поставки фільтрів, ременів, сепараторів, фіксацію цін або отриманню знижок за обсяг закупівлі, пріоритетному обслуговуванню від виробників комплектуючих. У результаті час на доставку скорочується, а витрати стають більш прогнозованими.

Оптимізацію логістики та запасів запчастин можна досягнути також за рахунок використання цифрових систем управління складом. Впровадження CMMS/CRM із модулем складського обліку дозволяє

відстежувати залишки в режимі реального часу, формувати запити на закупівлю автоматично, аналізувати рух запчастин за періодами, бачити, які деталі мають найбільший попит, уникати втрат через прострочення або неправильне зберігання. Впровадження цих заходів є особливо важливими в умовах розгалуженої географії замовників.

Для покращення мобільності та оперативності роботи виїзних бригад потрібно виконати оптимізацію їх логістики. Для цього потрібно створювати мобільні сервісні набори, які є стандартними комплектами ТО, забезпечувати поповнення наборів після кожного виїзду, планувати маршрутизацію з урахуванням наявних запчастин і завантаження складу. Такі заходи дозволять значно зменшити кількість повторних виїздів бригад.

Щоб зробити закупівлі обґрунтованими та економічно ефективними потрібно впровадити систему прогнозування потреб. На основі історії обслуговувань та напруження компресорів можна прогнозувати потребу фільтрів чи масла, деталей, що виходять з ладу найчастіше, обсяг запасних частин, який треба замовити до сезону високих навантажень (літо — піки перегрівів).

Оптимізація логістики для ТОВ «Проейр Захід» дає змогу отримати економічні ефекти за рахунок скорочення витрат на зберігання запасів на 10–20%, зниження витрат на термінові постачання, кращий контроль фінансів і прогнозованість закупівель.

Організаційні ефекти досягаються за рахунок зменшення тривалості ремонтів на 20–40%, зниження кількості простоїв споживачів, підвищення продуктивності виїзних бригад, покращення планування графіків і завантаження персоналу.

Сервісні ефекти досягаються за рахунок підвищення задоволеності клієнтів, посилення репутації компанії як надійного сервісного партнера, створення конкурентної переваги завдяки швидкості обслуговування.

3.5 Розрахунок економічної ефективності

Метою розрахунку є визначення економічної доцільності впровадження заходів з підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів. У результаті впровадження системи планово-попереджувального обслуговування компресорів очікуються наступні загальні економічні ефекти:

- скорочення витрат на ремонт компресорів до 20–30%;
- збільшення ресурсу обладнання на 15–25%;
- підвищення стабільності роботи компресорів;
- використання онлайн-моніторингу дозволить скоротити аварійні ремонти до 40% та знизити витрати на ремонт на 20-30%.
- оптимізація логістики дає змогу отримати економічні ефекти за рахунок скорочення витрат на зберігання запасів на 10–20%.

Організаційні ефекти досягаються за рахунок зменшення тривалості ремонтів на 20–40%, зниження кількості простоїв обладнання споживачів, підвищення продуктивності виїзних бригад, покращення планування графіків і завантаження персоналу.

Витрати на впровадження заходів складаються із одноразових капітальних витрат та поточних (експлуатаційних) витрат.

Одноразові капітальні витрати включають витрати на придбання діагностичного обладнання, токарного та шліфувального верстатів та програмного забезпечення табл.3.1.

Поточні (експлуатаційні) витрати до впровадження становили C_1 : середні витрати на ремонт $C_{pl} = 3900\ 000$ грн/рік, а втрати від простоїв $C_{npl} = 290\ 000$ грн/рік. Сумарні поточні (експлуатаційні) витрати до впровадження становлять

$$C_1 = C_{pl} + C_{npl} = 3900\ 000 + 290\ 000 = 4190000 \text{ грн}$$

Після впровадження удосконалення обслуговування та ремонту гвинтових компресорів очікувані поточні (експлуатаційні) витрати

становитимуть: середні витрати на ремонт $C_{p2} = 3100\ 000$ грн/рік, а втрати від простоїв $C_{np2} = 220\ 000$ грн/рік.

Таблиця 3.1 Капітальні витрати на впровадження заходів

№ п/п	Стаття витрат	Сума, грн
1	Діагностичне обладнання	290000
2	Багатофункціональний токарний верстат JET BD-8A	328690
3	Плоскошліфувальний верстат CORMAK MY820	285000
	Разом	903690

$K = 903690$ грн.

Очікувані сумарні поточні (експлуатаційні) витрати після впровадження становитимуть:

$$C_2 = C_{p2} + C_{np2} = 3100\ 000 + 220\ 000 = 3320000 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект розрахуємо за формулою

$$E = C_1 - C_2$$

$$E = 4190000 - 3320000 = 870000 \text{ грн.}$$

Термін окупності вкладень розрахуємо за формулою

$$T = \frac{K}{E},$$

$$T = 903690 : 870000 = 1,03 \text{ років}$$

Очікуваний термін окупності становить 1,03 року, що є дуже добрим показником.

Таким чином, впровадження заходів з підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід» дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати на 870000 грн,

скоротити кількість аварійних простоїв, підвищити надійність компресорного обладнання та окупити вкладені кошти за 1 рік.

Висновки

1. На підприємстві діє планово-попереджувальна система обслуговування. Формуються індивідуальні плани ТО. Для кожної одиниці обладнання створюється паспорт обслуговування. Розроблені стандартизовані регламенти робіт.

2. Для удосконалення системи обслуговування та ремонту гвинтових компресорів для кожного типу ТО потрібно створити детальні інструкції, які мають містити перелік операцій (заміна фільтрів, сепаратора, масла; перевірка запобіжних клапанів; очищення теплообмінника тощо), необхідні інструменти, нормативний час виконання, показники, які потрібно зафіксувати після ТО (тиск, температура, залишкова волога, шум тощо).

3. Для управління взаємовідносинами з клієнтами, яке допоможе підприємству збирати, зберігати та аналізувати дані про клієнтів, автоматизувати процеси продажів, маркетингу та обслуговування, покращуючи задоволеність клієнтів та збільшуючи прибуток є впровадження CRM системи.

4. Обґрунтовано потребу укомплектування сервісних автомобілів для сервісної служби ТОВ «Проейр Захід». До укомплектування сервісних автомобілів рекомендується включити портативний компресор або генератор, набір витратних матеріалів (фільтри, ремені, сепаратори), мобільний комплект діагностики, набори кріплень і герметиків, аптечку та індивідуальні засоби захисту.

5. Важливим недоліком технічного забезпечення ремонтних процесів на підприємстві є відсутність верстата для виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Ці роботи підприємство виконує на інших підприємствах, що спричиняє зростання тривалості ремонту компресора та

його вартості. Для виконання цієї роботи потрібно придбати багатофункціональний токарний верстат JET BD-8A.

6. Ще однією проблемою є усунення спрацювання та відновлення площини поверхні кришки корпусу компресора. Для виконання роботи відновлення площини поверхні кришки корпусу компресора потрібно придбати плоскошліфувальний верстат CORMAK MY820 (200x480).

7. Для безперервного контролю технічного стану гвинтових компресорів у режимі реального часу потрібно запровадити систему онлайн-моніторингу та діагностики. Система онлайн-моніторингу та діагностики забезпечує можливість відстеження ключових параметрів роботи, оперативно виявляти відхилення у режимах роботи та прогнозувати можливі відмови ще до появи критичних наслідків. Для сервісної компанії ТОВ «Проейр Захід» такі системи є важливим елементом удосконалення сервісу, оскільки дозволяють виконувати прогностичне обслуговування та зменшувати кількість аварійних виїздів.

8. Оптимізацію логістики та запасів запчастин можна досягнути також за рахунок використання цифрових систем управління складом. Впровадження CMMS/CRM із модулем складського обліку дозволяє відстежувати залишки в режимі реального часу, формувати запити на закупівлю автоматично, аналізувати рух запчастин за періодами, бачити, які деталі мають найбільший попит, уникати втрат через прострочення або неправильне зберігання. Впровадження цих заходів є особливо важливими в умовах розгалуженої географії замовників.

9. Впровадження заходів з підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід» дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати на *870000 грн*, скоротити кількість аварійних простоїв, підвищити надійність компресорного обладнання та окупити вкладені кошти за 1 рік.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз причин нещасних випадків під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів

Більшість нещасних випадків, що трапляються під час експлуатації та технічного обслуговування обладнання, є наслідком недотримання основних правил безпеки або запобіжних заходів. Нещасного випадку часто можна уникнути, якщо вчасно розпізнати потенційно небезпечну ситуацію.

Під час поводження, експлуатації або технічного обслуговування агрегату персонал повинен дотримуватися безпечних інженерних практик. Підприємство має передбачити всі можливі обставини, які можуть становити потенційну небезпеку.

Під час виконання робіт із під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, можуть спричинити нещасні випадки, а саме:

1. Наїзд автомобіля, який привіз компресорне устаткування на працівників пункту технічного обслуговування внаслідок самовільного руху, під час запуску двигуна, в'їзді (виїзді) у зону розвантаження.
2. Падіння піднятого компресорне устаткування під час розвантаження, навантаження, складування чи транспортування тощо.
3. Термічні фактори (пожежі при загоранні пально-мастильних матеріалів, митті ними деталей, вузлів, агрегатів, зберіганні та залишенні їх на робочих місцях).
4. Вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин (акролеїну, вуглецю оксиду, вуглеводнів аліфатичних граничних тощо).
5. Падіння деталей, вузлів, агрегатів, інструменту.
6. Падіння працівників на поверхні пункту чи з висоти (драбини, естакади, площадок).
7. Напруженість праці через незручне робоче положення працівника.

8. Знижена температура повітря у холодний період року.

9. Недостатнє освітлення у зоні технічного контролю, обслуговування чи ремонту.

Причинами нещасних випадків під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресора можуть бути також організаційні причини, до яких відносяться:

- допущення до роботи працівників без навчання та перевірки знань з охорони праці;
- неякісне розроблення та недосконалість інструкцій з охорони праці;
- порушення вимог безпеки під час проведення технічного обслуговування компресора.

Якщо в наслідок аварії технологічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистеми одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією. Аварія – пошкодження вихід із ладу машини, агрегату, апарату.

Всяке порушення аналітичної цілісності організму або його функцій внаслідок дії на людину будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

4.2 Розробка моделей ризиків виникнення травмонебезпечних ситуацій під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів

Причинами травмування робітників є поява небезпечних ситуацій (НС). Небезпечні ситуації (НС) виникають за умови сукупної дії небезпечних умов (НУ) та небезпечних дій (НД). У результаті небезпечної ситуації (НС) може виникнути аварія (А), яка може призвести до травми (отруєння) (Т)

працівника [14]. Формування небезпечних ситуацій (НС) належать до випадкових явищ. Тому слід виконувати моделювання процесів формування небезпечних ситуацій та їх наслідків, і на підставі їхнього аналізу розробляти заходи щодо попередження існуючих і потенційних небезпек.

Необхідно забезпечити такі умови під час технічного обслуговування та ремонту компресорів у ТОВ «Проейр Захід», щоб уникнути аварій та травм. Під час виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту компресорів можуть мати місце такі небезпечні та шкідливі виробничі ситуації:

НС₁- падіння піднятого компресорного устаткування під час розвантаження, навантаження, складування чи транспортування тощо;

НС₂- різке погіршення стану здоров'я працівника через дію фізичних або хімічних чинників;

НС₃- раптовий викид стисненого повітря, газу або мастила, відрив заглушок, фланців, кришок;

НС₄- ураження електричним струмом працівника;

НС₅- пожежонебезпечні ситуації;

НС₆- вибух або розрив обладнання;

НС₇- самовільний пуск компресора;

НС₉- травмування працівника рухомими частинами компресора;

НС₁₀- падіння та травмування працівника.

НС₁₁- травмування працівника несправним інструментом.

Під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів у ТОВ «Проейр Захід» можуть бути такі небезпечні виробничі умови:

НУ₁- слизька підлога, місця розливу мастила, охолоджуючої рідини, гальмівної рідини ретельно не прибрані, не засипані піском або тирсою.

НУ₂- ручний інструмент, гайкові ключі мають тріщин і забоїни, а рукоятки – здирки.

НУ₃- працівник перед призначенням на роботу не пройшов медичний огляд;

НУ₄- до проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів допущені особи, які не навчені за професією та не пройшли вступний і первинний інструктаж;

НУ₅- підвищена запиленість і загазованість робочої зони.

НУ₆- підвищений рівень шуму та вібрації.

НУ₇- у робочій зоні робіт з проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів освітленість менше 200 лк;

НУ₈- відсутність або несправність захисного заземлення чи занулення чи ізоляції струмопровідників;

НУ₁₀- загрозована робочих місць агрегатами, деталями, інструментами, пристроями, матеріалами, яка зумовлюється недостатніми виробничими площами та культурою виробництва;

НУ₁₁- працівник не забезпечений необхідним спецодягом чи засобами індивідуального захисту.

Під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів та їх частин у ТОВ «Проейр Захід» можуть бути такі небезпечні дії працівників:

НД₁- працівник під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів не утримує в чистоті і порядку робоче місце, деталі і вузли, загрозовано проходи і проїзди;

НД₂- працівник перед роботою не перевіряв наявності і справності необхідного устаткування, інструмента і пристосувань;

НД₃- працівник перед роботою не переконався у справності піднімального механізму;

НД₄- працівник не користується спецодягом та необхідними засобами індивідуального захисту;

НД₅- працівник почав ремонт компресора без повної зупинки та розгерметизації;

НД₆- працівник перед роботою не відключив компресор від електромережі;

НД₇- працівник під час роботи зняв або ігнорує захисні кожухи;

НД₈- працівник порушив технологію ремонту.

НД₉- працівник працює у стані втоми або неуважності.

Розробимо модель небезпечної ситуації падіння піднятого компресорного устаткування під час розвантаження, навантаження, складування чи транспортування тощо (НС₁) та подамо її на рис.4.1.

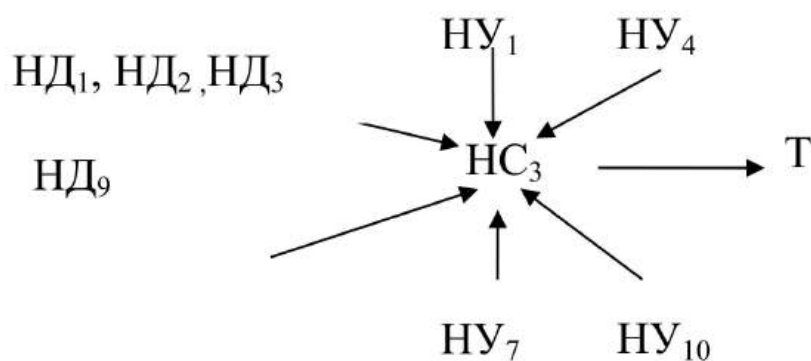


Рис.4.1 Модель небезпечної ситуації падіння піднятого компресорного устаткування під час розвантаження, навантаження, складування чи транспортування тощо

Для запобігання небезпечної ситуації падіння піднятого компресорного устаткування під час розвантаження, навантаження, складування чи транспортування тощо:

1) допускати до роботи лише працівників, які старші за 18 років, пройшли навчання, а також перевірку знань щодо вимог безпеки під час виконання робіт, а також медичний огляд;

2) під час проведення технічного обслуговування чи ремонту піднятого компресорного устаткування підйомник в робочому (піднятому) положенні потрібно зафіксувати запобіжними упорами (штангами);

3) до розвантаження, навантаження, складування чи транспортування компресорного устаткування тощо допускаються лише справні підйомники, опори та підставки;

4) коли вантаж знаходиться на підйомнику слід триматися подалі від небезпечної зони під ним і навколо нього.

5) заборонено залишати вантаж висіти на підйомнику довше, ніж це необхідно;

6) підйомник слід використовувати для підйому лише у перпендикулярному напрямку.

Розробимо модель небезпечної ситуації раптового викиду стисненого повітря, газу або мастила, відрив заглушок, фланців, кришок (НС₃) та подамо її на рис.4.2.

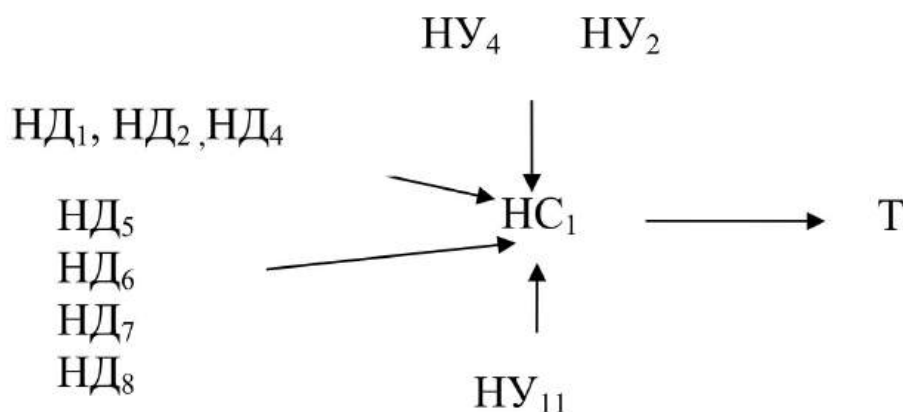


Рис.4.2. Модель небезпечної ситуації раптового викиду стисненого повітря, газу або мастила, відрив заглушок, фланців, кришок

Для запобігання небезпечної ситуації раптового викиду стисненого повітря, газу або мастила, відрив заглушок, фланців чи кришок:

1) до проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів допускаються особи, які навчені за професією та пройшли вступний і первинний інструктажі;

2) працівник перед роботою є одягнути спецодяг та необхідні засоби індивідуального захисту;

3) ремонт компресора можна розпочинати після відключення його від електромережі, повної зупинки та розгерметизації;

4) працівнику заборонено порушувати технологію ремонту;

5) у робочій зоні робіт з проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів освітленість має бути не менше 200 лк;

6) працівник перед роботою має перевірити наявність і справність необхідного устаткування, інструмента і пристосувань.

Розробимо модель небезпечної ситуації ураження електричним струмом працівника (НС₄) та подамо її на рис.4.3.

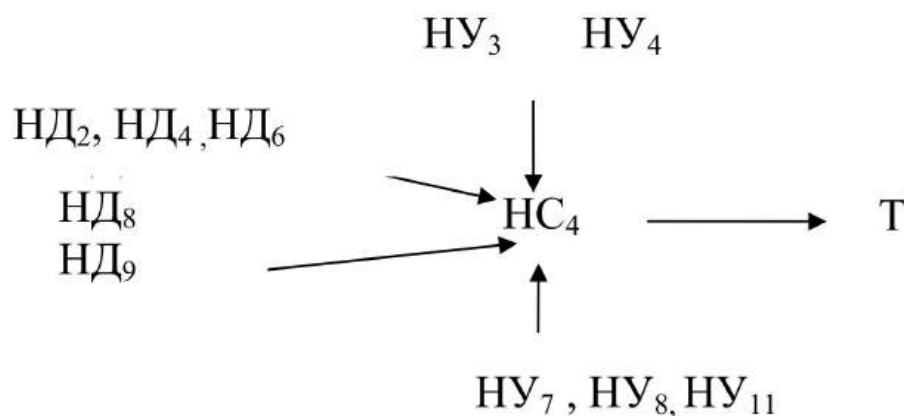


Рис.4.3 Модель небезпечної ситуації ураження електричним струмом працівника

Для небезпечної ситуації ураження електричним струмом працівника необхідно:

1) перед роботою перевірити несправність захисного заземлення, занулення та ізоляції струмопроводників;

- 2) до проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів допускаються особи, які навчені за професією та пройшли вступний і первинний інструктажі;
- 3) працівник перед роботою має одягнути спецодяг та необхідні засоби індивідуального захисту;
- 4) ремонт компресора можна розпочинати лише після відключення його від електромережі;
- 5) у робочій зоні робіт з проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів освітленість має бути не менше 200 лк;
- 6) працівник перед роботою має перевірити наявність і справність необхідного устаткування, інструмента і пристосувань.
- 7) працівнику заборонено порушувати технологію ремонту.

4.3 Розробка заходів покращення умов та безпеки праці під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів

Для запобігання виникнення небезпечних ситуацій та покращення умов праці під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів у ТОВ «Проейр Захід» потрібно забезпечити функціонування системи управління охороною праці. Для цього керівники ТОВ «Проейр Захід» мають брати участь в адміністративно-громадському (трьохступеневому) контролі за виконанням заходів щодо охорони праці. Цей контроль має бути основною формою контролю за охороною праці у ТОВ «Проейр Захід».

Цей контроль здійснюється знизу доверху впродовж трьох ступенів. Він виключає в себе проведення адміністративного контролю керівниками та інженерно-технічними працівниками у відповідності до посадових обов'язків.

Перший ступінь адміністративно-громадського контролю полягає у контролі майстром перед початком роботи всіх робочих місць. Вони мають перевірити чистоту робочих місць, справність інструменту і пристосувань, технічний стан обладнання, захисних огорож, стан пожежної безпеки. Окрім

того, майстер має контролювати правильність використання працівниками засобів індивідуального захисту та безпеку виконання робіт.

На другому ступені контролю керівник сервісної дільниці ТОВ «Проейр Захід» має двічі на місяць перевірити ділянки роботи. Після виявлення недоліків він має дати розпорядження про їх усунення.

На третьому ступені контроль стану охорони праці проводиться із залученням технічних фахівців один раз у квартал. За результатами перевірки зазначаються недоліки стану охорони праці, розробляються заходи щодо їх усунення, призначаються відповідальні за виконання розроблених заходів та встановлюються терміни виконання.

При використанні розчинників для очищення необхідно дотримуватися правил охорони праці та техніки безпеки. Має бути забезпечена хороша вентиляція, працівники мають використовувати відповідні засоби захисту, такі як респіратор, захисні окуляри, захисний фартух та рукавички.

Використання захисного взуття повинно бути обов'язковим у всіх цехах. Захисні каски необхідно носити, якщо існує ризик падіння предметів. Якщо для очищення використовується стиснене повітря, слід дотримуватися правил безпеки та носити відповідний одяг і засоби захисту очей.

Ніколи не направляйте стиснене повітря на шкіру або на інших людей. Ніколи не використовуйте стиснене повітря для очищення одягу від бруду. Перед випуском стисненого повітря через шланг потрібно переконатися, що вільний кінець надійно зафіксований, щоб він не міг збиватися і спричинити травму.

Для підйому важких вантажів слід використовувати підйомники. Всі ланцюги, гаки, скоби та стропи мають знаходитися в хорошому стані та мати відповідну вантажопідйомність. Вони повинні бути випробувані та затверджені відповідно до правил безпеки.

Кабелі, ланцюги або мотузки не можна прикріплювати безпосередньо до підйомних вушок. Потрібно використовувати правильно розміщені відповідні скоби або гаки. Підйомні кабелі мають бути розташовані так, щоб не було різких вигинів. Використовуйте розпірну штангу, щоб уникнути бічних навантажень на гаки, вушка та скоби.

Коли вантаж знаходиться на підйомнику, тримайтеся подалі від небезпечної зони під ним і навколо нього. Зберігайте прискорення і швидкість підйому в безпечних межах і ніколи не залишайте вантаж висіти на підйомнику довше, ніж це необхідно.

Підйомник завжди слід використовувати для підйому в перпендикулярному напрямку. Якщо підйом під кутом не можна уникнути, вживіть заходів для запобігання розгойдуванню вантажу. Це можна зробити, використовуючи два підйомники, кожен з яких підіймає вантаж під кутом не більше 30° від вертикалі.

Для деяких конкретних робіт слід використовувати спеціальні сервісні інструменти, які завжди слід використовувати, коли це рекомендовано. Це заощадить час і запобіжить пошкодженню компонентів.

Під час утилізації конденсату, старого масла, використаних фільтрувальних елементів та інших деталей і відходів будь-якого виду треба виконувати не забруднюючи каналізацію або природних водойм і повітря.

Під час ремонту потрібно використовувати тільки оригінальні запчастини. Компоненти підшипників повинні відповідати своїм аналогам в упаковці і не можуть бути замінені іншими підшипниковими вузлами.

Мастила та змазки потрібно використовувати тільки, які затверджені компанією виробником. Переконайтеся, що вибрані мастильні матеріали відповідають усім відповідним нормам безпеки, особливо щодо ризику вибуху або пожежі та можливості розкладання або утворення небезпечних газів. Завжди прибирайте розлиті масла до та після технічного обслуговування.

Технічне обслуговування, капітальний ремонт та ремонтні роботи повинні виконуватися тільки компетентним персоналом під наглядом кваліфікованого керівника.

Заборонено використовувати джерело світла з відкритим полум'ям для огляду будь-якої частини агрегату. Для очищення компонентів використовуйте тільки тканину без ворсу і переконайтеся, що руки, інструменти та робочі поверхні чисті і не мають піску, дрібного піску або інших абразивних частинок.

Після завершення ремонтних або технічних робіт переконайтеся, що на або всередині будь-якої частини повітряного блоку не залишилося інструментів, вільних предметів або тканини.

Не використовуйте легкозаймисті рідини для очищення повітропроводів або будь-яких компонентів, що транспортують повітря під час нормальної роботи. Якщо для очищення використовуються хлоровані вуглеводневі негорючі рідини, необхідно вжити заходів безпеки проти токсичних парів, які можуть виділятися.

Під час використання кислот, лугів та хімічних миючих засобів для очищення деталей та компонентів машини необхідно дотримуватися запобіжних заходів. Ці речовини викликають подразнення та є корозійними для шкіри, очей, носа та горла. Уникайте розбризкування та носіть відповідний захисний одяг та окуляри. Не вдихайте туман. Забезпечте наявність води та мила.

При утилізації конденсату, старого масла, використаних фільтруючих елементів та інших деталей і відходів будь-якого виду переконайтеся, що не відбувається забруднення каналізації або природних водойм і що не відбувається спалювання відходів, яке може спричинити забруднення повітря.

Висновки

1. Виконано характеристику небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів.

2. Характеристика основних шкідливих та небезпечних чинників під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів та вивчення особливостей їх дії на працівників уможливило моделювання процесів виникнення травмонебезпечних ситуацій і на цій підставі розробити заходи щодо їх запобігання.

3. Для запобігання виникнення небезпечних ситуацій та покращення умов праці на ТОВ «Проейр Захід» потрібно забезпечити функціонування системи управління охороною праці. Для цього ТОВ «Проейр Захід» мають брати участь в адміністративно-громадському (трьохступеневому) контролі за виконанням заходів щодо охорони праці. Цей контроль має бути основною формою контролю за охороною праці ТОВ «Проейр Захід».

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. ТОВ «Проейр Захід» — це спеціалізоване сервісно-виробниче підприємство, що працює на ринку сервісу та ремонту компресорного обладнання в західному регіоні України. Компанія надає повний комплекс послуг, пов'язаний з обслуговуванням систем стисненого повітря, включаючи діагностику, ремонт, модернізацію та постачання запасних частин. Підприємство має виробничо-ремонтний цех за допомогою якої виконує капітальні ремонти компресорів, дефекацію, складання та стендові випробування компресорів. Усі дільниці виробничо-ремонтного цеху забезпечені необхідними вимірювальними приладами, а саме термометрами, манометрами, віброметрами, витратомірами тощо.

2. Підприємство обслуговує парк компресорного обладнання, який є різноманітним за технічними параметрами, конструкцією та умовами експлуатації. Підприємство забезпечує сервіс для промислових та комерційних клієнтів різного профілю: деревообробних, металургійних, харчових, фармацевтичних, агропідприємств та виробничих заводів. Основу обладнання становлять маслозаповнені гвинтові компресори, які є найбільш поширеним типом установок у сучасних системах стисненого повітря.

3. Близько 60–70 % компресорів експлуатуються у важких умовах, а саме високій запиленості приміщення, що прискорює забивання фільтрів і радіаторів, підвищеній температурі у машинних відділеннях, недостатній вентиляції, що призводить до перегрівання компресорної головки, високій вологості, яка ускладнює роботу осушувачів, нерівномірному навантаженні, особливо у підприємств із змінним виробничим циклом, частими пусками та зупинками, що зменшують ресурс двигуна. Це суттєво впливає на термін служби компресорів та обсяг сервісних робіт.

4. Основними негативними чинниками експлуатації компресорів є запиленість середовища, температурні перевантаження, циклічність роботи та несвоєчасне проведення технічного обслуговування. За даними журналу обліку замовлень ТОВ «Проейр Захід» вивчено типові пошкодження

компресорних установок, частота звернень споживачів, причини пошкоджень та їх наслідки.

5. На підприємстві діє планово-попереджувальна система обслуговування. Формуються індивідуальні плани ТО. Для кожної одиниці обладнання створюється паспорт обслуговування. Розроблені стандартизовані регламенти робіт. Для удосконалення системи обслуговування та ремонту гвинтових компресорів для кожного типу ТО потрібно створити детальні інструкції, які мають містити перелік операцій (заміна фільтрів, сепаратора, масла; перевірка запобіжних клапанів; очищення теплообмінника тощо), необхідні інструменти, нормативний час виконання, показники, які потрібно зафіксувати після ТО (тиск, температура, залишкова волога, шум тощо).

6. Впровадження CRM системи допоможе підприємству управляти взаємовідносинами з клієнтами, зберігати та аналізувати дані про клієнтів, автоматизувати процеси продажів, маркетингу та обслуговування, покращуючи задоволеність клієнтів та збільшуючи прибуток.

7. Обґрунтовано потребу укомплектування сервісних автомобілів для сервісної служби ТОВ «Проейр Захід». До укомплектування сервісних автомобілів рекомендується включити портативний компресор або генератор, набір витратних матеріалів (фільтри, ремені, сепаратори), мобільний комплект діагностики, набори кріплень і герметиків, аптечку та індивідуальні засоби захисту.

8. Важливим недоліком технічного забезпечення ремонтних процесів на підприємстві є відсутність верстата для виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Ці роботи підприємство виконує на інших підприємствах, що спричиняє зростання тривалості ремонту компресора та його вартості. Для виконання цієї роботи потрібно придбати багатофункціональний токарний верстат JET BD-8A. Для усунення спрацювання та відновлення площини поверхні кришки корпусу компресора потрібно придбати плоскошліфувальний верстат CORMAK MY820 (200x480)

9. Для безперервного контролю технічного стану гвинтових компресорів у режимі реального часу потрібно запровадити систему онлайн-моніторингу та діагностики. Система онлайн-моніторингу та діагностики забезпечує можливість відстеження ключових параметрів роботи, оперативно виявляти відхилення у режимах роботи та прогнозувати можливі відмови ще до появи критичних наслідків. Для сервісної компанії ТОВ «Проейр Захід» такі системи є важливим елементом удосконалення сервісу, оскільки дозволяють виконувати прогностичне обслуговування та зменшувати кількість аварійних виїздів.

10. Оптимізацію логістики та запасів запчастин можна досягнути також за рахунок використання цифрових систем управління складом. Впровадження CMMS/CRM із модулем складського обліку дозволяє відстежувати залишки в режимі реального часу, формувати запити на закупівлю автоматично, аналізувати рух запчастин за періодами, бачити, які деталі мають найбільший попит, уникати втрат через прострочення або неправильне зберігання. Впровадження цих заходів є особливо важливими в умовах розгалуженої географії замовників.

11. Впровадження заходів з підвищення ефективності обслуговування та ремонту гвинтових компресорів в умовах ТОВ «Проейр Захід» дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати на *870000 грн*, скоротити кількість аварійних простоїв, підвищити надійність компресорного обладнання та окупити вкладені кошти за 1 рік.

12. Характеристика основних шкідливих та небезпечних чинників під час проведення технічного обслуговування та ремонту компресорів та вивчення особливостей їх дії на працівників уможлиблює моделювання процесів виникнення травмонебезпечних ситуацій і на цій підставі розробити заходи щодо їх запобігання. На ТОВ «Проейр Захід» потрібно забезпечити функціонування системи управління охороною праці. Для цього ТОВ «Проейр Захід» мають брати участь в адміністративно-громадському (трьохступеневому) контролі за виконанням заходів щодо охорони праці. Цей

‘
контроль має бути основною формою контролю за охороною праці ТОВ «Проейр Захід».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A new model of screw compressor for refrigeration system simulation / Int. J. Refrigeration. — Vol. 35, Issue 4, 2012, P. 861–870.
2. Бондаренко Г. А. Компресорні станції: підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. — Суми: Сумський державний університет, 2016. — 385 с.
3. Городецький І.М., Тимочко В.О., Мазур І.Б., Городецький І.І., Березовецький А.П. Аналіз динаміки причин дорожньо-транспортних пригод і прогнозування небезпечних подій. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. Львів, 2021. № 25. С.182-188. DOI: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.182>
4. ДСТУ 3809-98. Компресори. Терміни та визначення.
5. ДСТУ 3811-98. Компресори поршневі загального призначення. Загальні технічні умови.
6. ДСТУ 3160-95. Компресорне обладнання. Визначення вібраційних характеристик. Загальні вимоги.
7. ДСТУ 3161-95. Компресорне обладнання. Визначення вібраційних характеристик відцентрових компресорів та норми вібрації.
8. ДСТУ EN 1012-1:2018. Компресори та вакуумні насоси. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Компресори / Укр. НДНЦ. — К., 2018.
9. ДСТУ EN 1012-2:2014. Компресори та вакуумні насоси. Вимоги щодо безпеки. Частина 2. Вакуумні насоси / Укр. НДНЦ. — К., 2014.
10. ДСТУ 3427-96. Компресори мембранні. Вимоги безпеки / Укр. НДНЦ. К., 1996.
11. Kovacevic A., Stosic N., Smith I. Screw Compressors: Three Dimensional Computational Fluid Dynamics and Solid Fluid Interaction / Springer, 2007. — XII, 158 p.
12. Кодекс України про адміністративні правопорушення. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text>

13. Подмазко, І. О. Моделювання та діагностика газотурбінних установок та компресорів: підручник /Подмазко Ігор Олександрович, Піщанська Нонна Олександрівна. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2015. – 290 с
14. Охорона праці (гігієна праці та виробнича санітарія): навчальний посібник / Пістун І.П., Березовецький А.П., Тимочко В.О., Городецький І.М.; за ред. І.П.Пістуна. «Тріада плюс», 2017. Ч.1. 620 с.
15. Охорона праці (гігієна праці та виробнича санітарія): навчальний посібник / Пістун І.П., Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П.; за ред. І.П.Пістуна. «Тріада плюс», 2015. Ч.11. 224 с.
16. Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. *Навч. посібник*. Львів: Сполом. 2022. 376 с.
17. Федоров, О. Г. Компресорні машини : підручник / О. Г. Федоров, В. І. Мілованов, Д. М. Єременко ; Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : Бондаренко М.О., 2017. — 156 с.
18. https://dnaop.com/html/61338/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_3809-98?utm_source=chatgpt.com
19. https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/03114879/
20. https://radio-shop.com.ua/uk/tokarnyj-verstat-metalu-jet-bd-8a?gad_source=1&gad_campaignid=21838933096&gbraid=0AAAAABvrDiZUG0FUobBCcKRLNFLWK5O5L&gclid=CjwKCAiAl-JBhBjEiwAn3rN7UcZmAbSaw7ZN7BvHztBk2ll10aehbAleimL8p8D_BDk-kyq4O2VVRoCE90QAvD_BwE
21. https://mast-group.com.ua/catalog/metaloobrobne_obladnannya/shlifivalni_verstati_po_metalu/8800/?utm_source=google&utm_medium
22. <https://proairzahid.prom.ua/ua/>