

Ганношина І.М., Зазірний А.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПОРТОВОГО ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

З'ясовано, що глобальна транспортна система, яка складається з множини залізничних, судноплавних і автомобільних маршрутів, пов'язується в єдине ціле саме портовими комплексами. Саме в портах здійснюються найбільш складні операції по перевалці вантажів, порти є вузлами транспортної системи, у яких сходяться різномірні, часом суперечливі інтереси всіх учасників транспортного процесу. Інтенсивний потік вантажів, необхідність їх безперебійної обробки, висока насиченість технологічним обладнанням, від стану й ефективності використання якого залежить виконання зобов'язань по перевезенню - ці фактори визначають необхідність системного підходу до організації експлуатації основних виробничих фондів порту, підвищення ефективності експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, оптимізації витрат фінансових ресурсів на технічну експлуатацію та ремонт.

Виконаний аналіз конструкцій технологічного обладнання портових перевантажувальних комплексів різних виробників показав, що конструкції сучасного перевантажувального обладнання мають цілий ряд істотних відмінностей (полегшені металоконструкції, компоновання і кріплення приводу і т.д.) від вироблених і використаних у складі портових перевантажувальних комплексів минулого сторіччя.

Аналіз проблем експлуатації технологічного обладнання портових перевантажувальних комплексів дозволяє зробити висновки про те, що прийнята на підприємстві система технічного обслуговування дозволяє оперативно виявляти та усувати фактичні відмовлення і несправності, так кількість регулювань приводних ременів і несущої стрічки в стрічкових конвеєрах за перші три роки експлуатації знизилася більш ніж у 2,5 рази, але при цьому не проводяться регулярні обстеження з метою виявлення і попередження потенційних відмов.

Для попередження більшості з виявлених фактичних експлуатаційних відмов запропоновано застосувати методи неруйнівного контролю. Це дозволить відслідковувати швидкість розвитку відмов, знаходити потенційні і установити момент настання "граничного стану" і перевести розглянутий елемент на обслуговування за технічним станом.

Ключові слова: діаграма Ісікави, надійність, неруйнівний контроль, портовий перевантажувальний комплекс, транспортний процес.

Постановка проблеми. Глобальна транспортна система, яка складається з множини залізничних, судноплавних і автомобільних маршрутів, пов'язується в єдине ціле саме портовими комплексами. Саме в портах здійснюються найбільш складні операції по перевалці вантажів, порти є вузлами транспортної системи, у яких сходяться різномірні, часом суперечливі інтереси всіх учасників транспортного процесу. Інтенсивний потік вантажів, необхідність їх безперебійної обробки, висока насиченість технологічним обладнанням, від стану й ефективності використання якого залежить виконання зобов'язань по перевезенню - ці фактори визначають необхідність системного підходу до організації експлуатації основних виробничих фондів порту,

підвищення ефективності експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, оптимізації витрат фінансових ресурсів на технічну експлуатацію та ремонт. Інструментами для підвищення ефективності експлуатації в даному випадку слугують [1]:

- інформаційна підтримка керівників і фахівців порту в рішенні задач безпечної, економічної та ефективної експлуатації основного технологічного обладнання;
- створення єдиного інформаційного простору пов'язаного з технічною експлуатацією і ремонтом обладнання та оперативним складом, інформаційна взаємодія з іншими системами за даними завданнями;
- моніторинг процесів технічної експлуатації технологічного обладнання спеціалізованими (сертифікованими) лабораторіями.

Підвищення ефективності експлуатації наявного обладнання повинне забезпечуватися, у тому числі і за рахунок виконання наступних завдань:

- розробка методів аналізу і контролю технічного стану сучасного технологічного обладнання;
- ведення оперативного обліку наявності і стану обладнання;
- інформаційно-аналітичне забезпечення процесів технічної експлуатації та ремонту обладнання портів.

Дані завдання можна назвати тактичними, оскільки вони пов'язані з повсякденними виробничими потребами підприємства. Разом з тим, їх рішення сприяє досягненню такої найважливішої для будь-якої транспортної компанії мети, як підвищення швидкості обробки вантажів.

Практика свідчить, що вантажообіг порту часом перевищує проектні потужності в 1,5-2 рази. Як правило, це досягається за рахунок збільшення часу експлуатації технологічного обладнання порту. А зі збільшенням наробітку відбуваються відмови, викликані передчасним зносом вузлів і елементів за рахунок скорочення часу на якісний плановий ремонт. Механізм впливу цього фактору очевидний: недолік працездатної перевантажувальної техніки або незадовільний її стан призводить, зокрема, до зниження інтенсивності вивантаження залізничних вагонів, автомашин або до несвоєчасної подачі судів і їх простою.

У зв'язку з вищевідзначеним підтримання перевантажувальної техніки портових комплексів у працездатному стані може бути досягнута, у тому числі і за рахунок підвищення ефективності її експлуатації на основі статистичного аналізу відмов, оптимізації запасів деталей і контролю технічного стану сучасними методами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.. Теоретичною базою даної статті є діючі стандарти та інші нормативи щодо оцінювання технічного стану портового перевантажувального обладнання, а також праці вітчизняних та закордонних фахівців у галузях технічної експлуатації, водного транспорту, автоматизації виробничих процесів, неруйнівного контролю за технічним станом, повний перелік яких наведено у джерелах інформації.

Метою дослідження є дослідження надійності елементів технічного обладнання портового перевантажувального комплексу.

Основна частина.

На даний час Україна є одним з найбільших експортерів на світовий ринок зернових культур власного виробництва (рис. 1). У зв'язку з цим будуються та уже введені в експлуатацію сучасні портові зернові перевантажувальні комплекси, що відповідають вимогам швидко зростаючого ринку зернових по перевалці з одного виду транспорту на іншій [2].

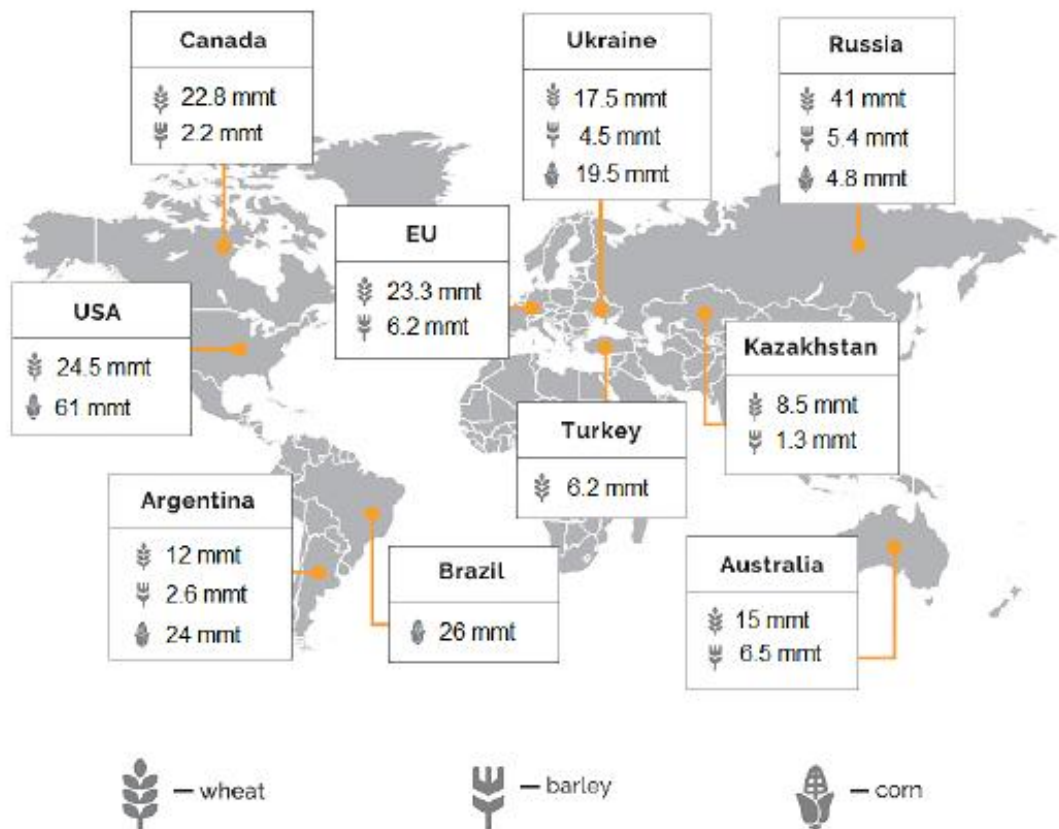


Рисунок 1 – Основні експортери зернових культур у світі

Однак портових потужностей не вистачає для забезпечення експорту зернових. Виникає проблем “вузького місця”, як це наведено на рис. 2.



Рисунок 2 – Проблема “вузького місця” при перевалці вантажів [2]

Географія розташування ППК включає практично усі великі порти України (рис. 3).

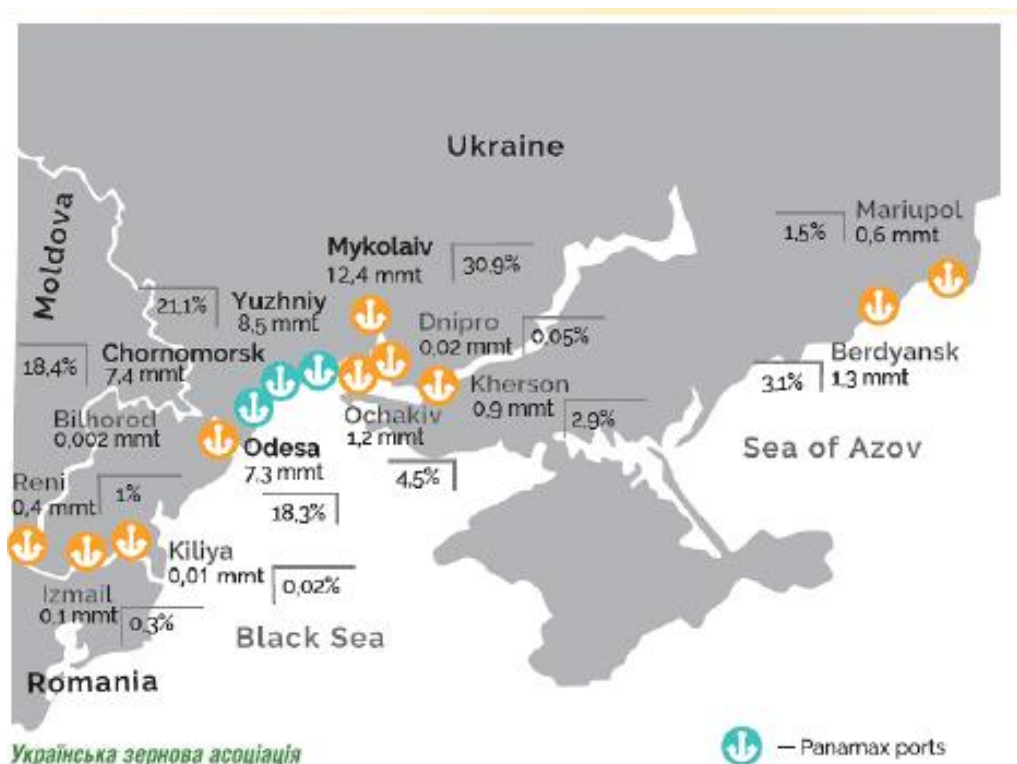


Рисунок 3 – Географія розташування основних портів України

Характеристика основних портів щодо експорту зернових за результатами 2018/2019 років наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика основних портів України щодо експорту зернових у 2018/2019 роках [2]

Порт	Об'єм експорту , т	Частка від усього, %
Миколаїв	12 445 715	30,9
Южний	8 479 029	21,1
Чорноморськ	7 388 369	18,4
Одеса	7 337 506	18,3
Очаків	1 163 357	4,5
Херсон	927 869	2,9
Бердянськ	1 260 394	3,1
Маріуполь	610 882	1,5
Рені	397 985	0,990
Ізмаїл	117 821	0,3
Кілія	11 137	0,02
Дніпро	18 721	0,05
Білгород-Дністровський	2 200	0,005
Всього	40 160 983	

Усі реалізовані сучасні проекти будівництва ППК мають схожу типову структуру та аналогічне технологічне обладнання лідерів світового виробництва в цьому секторі економіки (Intersystems (США), GSI International (США), Buhler (Канада), Grain Handler (США), Neuero (Німеччина) і т.д.). Необхідно відзначити, що дані ППК мають проектну розрахункову місткість одноразового збереження зернових від десятків

тисяч тонн до декількох сотень тисяч тонн. Річний вантажообігу цих ППК складає мільйони тонн (див. табл. 1).

В таблиці 2 наведено характеристику портової інфраструктури вантажопереробних комплексів

Обмежуючим фактором для зернового експорту стає логістика. Наприклад, зернові потоки потрібно переорієнтувати на Миколаїв та Южний, які мають вільні місця для побудови нових під'їзних колій. Традиційний для зерна порт Одеса лежить у межах міста, і там вичерпано всі можливості для побудови нових під'їзних колій для підвищення пропускної здатності гавані.

Таблиця 2 – Характеристика портової інфраструктури України у 2018/2019 роках [2]

Порт	Термінал	Потужність зберігання	Разом за порт	Експорт	Оборотність за сезон
Николаев	Nibulon	173 000	928 00	12 445 715	13,4
	Slate Food	69 000			
	Bunge	126 000			
	Nika Tera	250 000			
	COFCO	100 000			
	Bangladesh	120 000			
	Oh/ia MTP	40 000			
	Other	50 000			
Одесса	ADM	210 000	695 000	7 337 506	12,3
	Brucklin Kiev	130 000			
	CHS/Olympex	125 000			
	State Food	98 000			
	Novotech	-			
	Porto-san	32 000			
	Others	100 000			
Южний	TIS	370 000	786 000	8 479 029	17,1
	Borivazh	126 000			
	MV Cargo	290 000			
Чорноморськ	Glencore/IZT	210 000	675 000	7 388 369	12,6
	Risoil	115 000			
	Trans-Service	50 000			
	TBT/ Kernel	300 000			
Херсон	sea trade port	20 000	176 600	927 869	5,3
	port-elevator	98 600			
	Dnipro Cargo ltd	30 000			
	Other	30 000			
Бердянск	other	17 000	65 000	1 260 394	19,4
	New Khortysya	18 000			
	sea trade port	30 000			
Очаков	U-port	20 000	20 000	1 163 357	58,2
Мариуполь	Ukrtransagro	48 000	48 000	610 882	12,7
Другие	Other	400 000	400 000	547 862	
Всего		3 793 600	3 793 600	40 160 983	

Одним з найважливіших перевантажувальних комплексів в Україні є зерновий термінал в Одесі, зовнішній вигляд якого представлений на рисунку 4 [3].



Рисунок 4 – Зерновий термінал Одеса

Проведемо аналіз проблем технічної експлуатації технологічного обладнання портових перевантажувальних комплексів. На даний час проблеми технічної експлуатації технологічного обладнання ППК пов'язані з дією декількох несприятливих факторів, а саме [4]:

- ТО ППК постійно знаходиться на відкритому повітрі в умовах високої вологості і сильного вітру, а також найчастіше при низьких температурах;
- запиленість при перевалці зернових є невід'ємною частиною процесу, що приводить до прискореного зносу вузлів і механізмів;
- близькість до агресивного середовища (морська вода) може приводити до прискореної корозії;
- робота під час перехідних режимів і пуски після аварійної зупинки створюють перевантаження і підвищені рівні вібрації, що сприяють інтенсивному зносу;
- конструктивним виконанням приводів конвеєрів і норій.

Зміни фактичних вантажообігів ППК щодо проектного у більшу сторону призводять до того, що технологічне обладнання експлуатується на нерозрахованих режимах, коефіцієнт використання збільшується, у зв'язку з чим виникають додаткові несприятливі фактори, пов'язані з технічною експлуатацією:

- інтенсивне використання технологічного обладнання приведе до перепланування і переносу ТОіР на більш пізні календарні терміни, що, в принципі, можливо. Однак відстрочка планованого календарного ремонту повинна вироблятися на підставі акта періодичного огляду з відповідним висновком і контролю ТС з використанням сучасних методів;
- використання планово-попереджувального ремонту як основного виду забезпечення належного технічного стану обладнання не завжди дозволяє виконувати його у коливання навігаційного періоду, погодних умов, добової і сезонної нерівномірності вантажопотоку;

– відсутність необхідних змінно-запасних частин на складі підприємства приводить до непередбачених простоїв обладнання ;

– сучасне імпортне перевантажувальне обладнання, встановлене й експлуатоване в портах України, не завжди має належну технічну документацію для ефективного ТОіР та підготовлених фахівців. Пов'язано це з тим, що у світовій практиці поширене залучення сторонніх організацій, які спеціалізуються на ТОіР такого обладнання і фірм-виробників, що мають акредитацію. Як правило, вітчизняні ППК із ряду причин (в першу чергу фінансових), бажають обходитися самотужки і власними засобами. А для цього потрібен висококваліфікований персонал та використання сучасних технічних засобів контролю стану вузлів і елементів обладнання , оригінальні змінно-запасні частини, що не завжди можливо.

Позначені проблеми технічної експлуатації ТО призводять до істотного зниження загальних показників ефективності роботи технологічного обладнання та у цілому термінала (портового комплексу). При цьому останніми служать експлуатаційні і технічні параметри обладнання, значення витрат на ТОіР, кількісні та якісні характеристики робіт з ТОіР.

Збір даних по відмовам і несправностям здійснювався з початку експлуатації комплексу протягом трьох років. Слід зазначити, що фактичний вантажообіг за досліджуваний період перевищив у середньому в 1,5 рази проектний, тому що відвантаження зерна відбувалося цілодобово, а значить мали місце великі навантаження на обладнання , що не могло не позначитися на його працездатності.

У процесі якісного аналізу використовувався весь матеріал, наявний у журналах реєстрації результатів технічного обслуговування. Для наочності представлення матеріалів побудовані схеми Ісікава, рисунки 5-7.

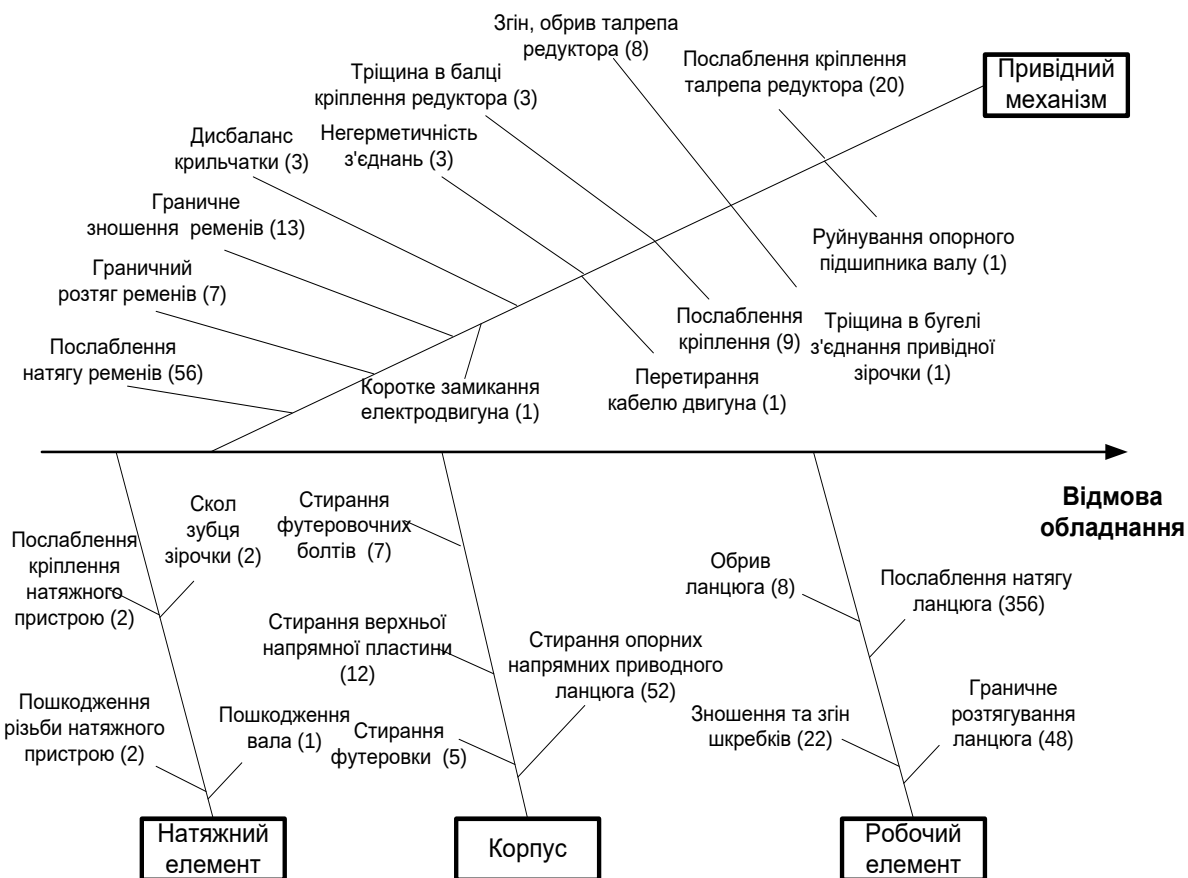


Рисунок 5 – Діаграма Ісікави відмови скребкового конвеєру

У якості "простого елемента" обладнання обрані функціональні вузли. Замість онуків записані зафіксовані в документації відмови та ушкодження. Цифри в дужках біля кожної відмови означають їх кількість за період обстеження.

Аналіз рисунків 5-7 свідчить, що для всіх трьох видів обладнання мають місце у великій кількості порушення регулювання приводного елемента (стрічка або ланцюг) і регулювання ременів приводу. Під регулюванням у даному випадку варто розуміти процес натягу або ослаблення тягового або привідного органа.

Як свідчить рисунок 5 найбільше типів відмов концентрується у привідному механізмі, а найбільша кількість відмов у робочому елементі.

Причиною відзначеного вище збігу у відмовах обладнання може бути той факт, що в процесі експлуатації ланцюг, стрічка і ремінь витягуються (подовжуються), у результаті чого відбувається зупинка технологічного обладнання через спрацьовування аварійно-попереджувальної сигналізації, як: збігання стрічки, обриви ланцюга, зниження частоти обертання відомого вала.

На розглянутому обладнанні конструктивно передбачений гвинтовий натяжний пристрій у хвостовій частині конвеєра. Натяг виконується за допомогою передач гвинт-гайка, розташованих по обидва боки корпусу, вручну, без використання пристроїв для виміру сили натягу, що визначається чисто суб'єктивно, залежить від досвіду обслуговуючого персоналу і, отже, різний від випадку до випадку. При цьому варто враховувати, що в технічній документації відсутні норми та умови контролю над зусиллям натягу ланцюгів, стрічок і ременів, що робить цей процес невизначеним, а результат багато в чому випадковим.

Усі ці явища представляють собою поступово розвинені відмови, які будуть небезпечні у випадку, якщо їх вчасно не знайти, і якщо елементи, у яких вони виявляються, досягнуть граничного стану.

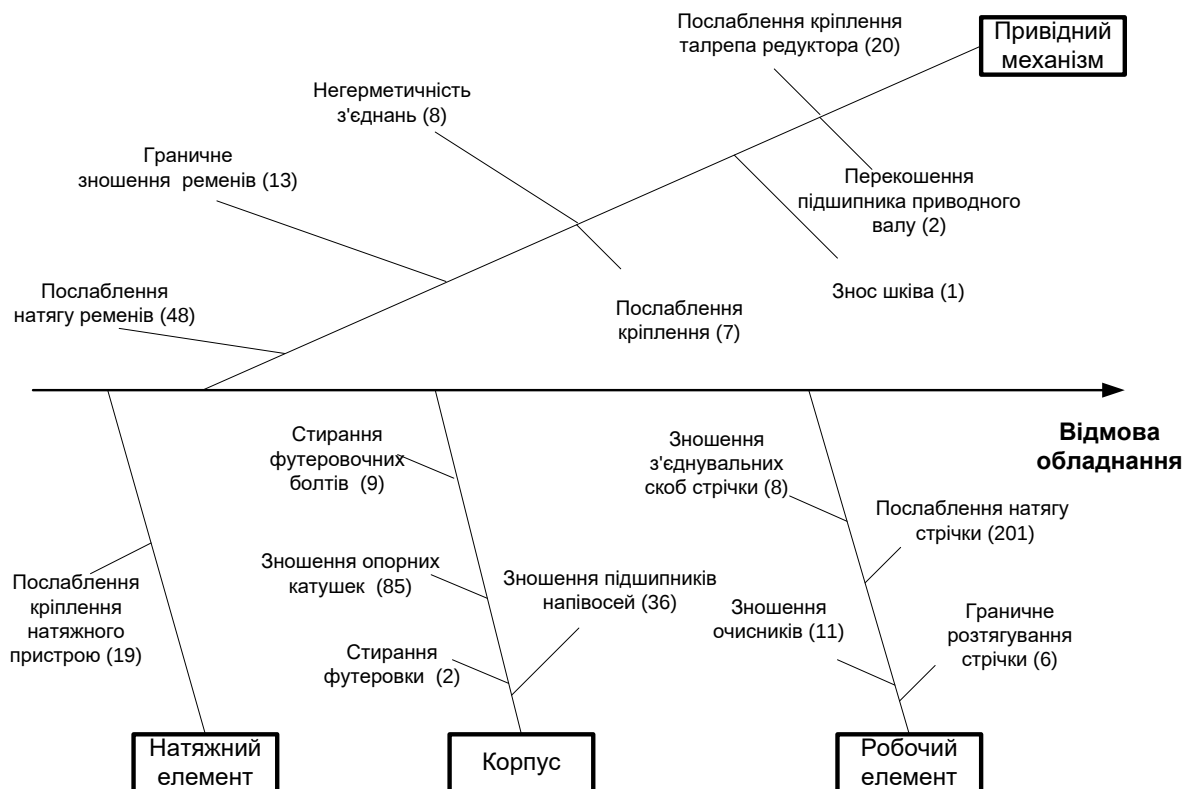


Рисунок 6 – Діаграма Ісікави відмови стрічкового конвеєру

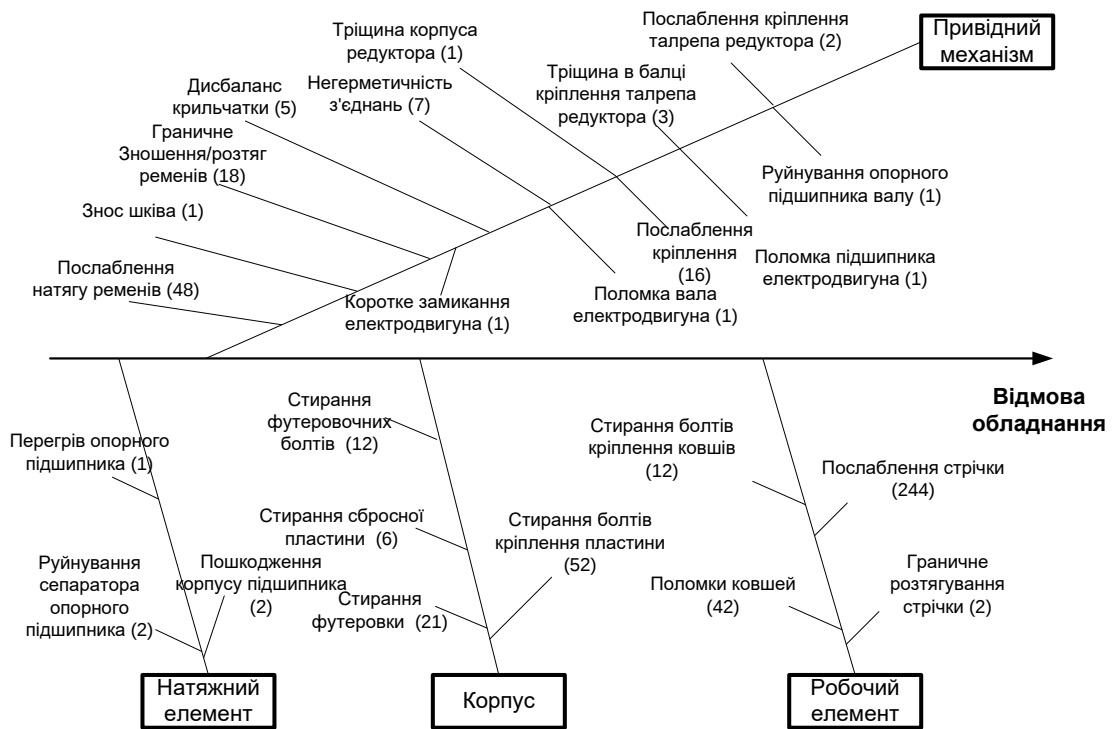


Рисунок 7 – Діаграма Іскави відмови ковшового елеватора (норії)

Прийнята на підприємстві планово-попереджувальна система ремонтів пропонує систематичні огляди обладнання і, оскільки всі ці негативні явища знаходяться на поверхні, дозволяє їх виявляти на ранній стадії розвитку без додаткового інструментарію.

Висновки.

1. Прийнята на підприємстві система технічного обслуговування виявилася виправданою з того погляду, що вона дозволяє оперативно виявляти й усувати такі ушкодження як: ослаблення кріплення, ослаблення натягу ременів, ланцюгів, стрічок та інші подібні недоліки. Таких несправностей на початку експлуатації було багато, але протягом процесу приробітки і навчання персоналу експлуатувати обладнання їх кількість зменшилася більш ніж у 2,5 рази. У зв'язку з цим підприємство повинне приділяти особливу увагу підвищенню професійної підготовки персоналу.

2. Недолік прийнятої системи реєстрації відмов та несправностей полягає в тому, що при такій системі фіксуються тільки наробітки елементів, які відмовили, (фактичних відмов). Інформації про технічний стан елементів, що не відмовили, немає. Не проводилися регулярні виміри з метою з'ясування швидкості розвитку ушкоджень зносних, корозійних, ерозійних та інших видів поступового руйнування поверхонь елементів обстежуваного об'єкта, а також втомних руйнувань, що у теорії і практиці оцінки надійності розглядаються як потенційні відмови. Розрізнених зведень з ремонтної документації для обліку потенційних відмов при розрахунку показників надійності недостатньо. У теж час оцінити рівень надійності за допомогою таких показників, як безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність без урахування потенційних відмов, буде практично неможливо.

3. У зв'язку з тим, що система збору інформації, прийнята на підприємстві, не дозволяє одержати вихідні дані для розрахунку показників надійності, її необхідно удосконалити, доповнивши збором зведень за результатами дефектації і вивченню зносів елементів підконтрольних об'єктів.

4. Виявлено фактичні відмови, такі як:

- руйнування опорного підшипника приводного механізму скребкового конвеєра (1 випадок);
- знос підшипників і опорних півосей у корпусі стрічкового конвеєра (263 випадків);
- поломка підшипника електродвигуна і редуктора норії (по одному випадку);
- руйнування сепаратора опорного підшипника натяжного механізму норії (2 випадки);
- перегрів та uszkodження корпусу підшипника натяжного механізму норії (3 випадки).

Позначені фактичні відмови можна уникнути, якщо до елементів (підшипники приводних та натяжних механізмів й півосей опорних катушок), де вони виникають, застосувати методи неруйнівного контролю. Це дозволить відслідковувати швидкість розвитку відмов, а значить, розглядати їх як ті, що поступово розвиваються, установити момент настання "граничного стану" та перевести розглянутий елемент на обслуговування за технічним станом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Леонова, О.В. Основы теории надежности и диагностики портовых подъемно-транспортных машин [Текст]: учебное пособие / О.В. Леонова. - М.: Изд-во "Альтаир" МГАВТ, 2008. - 232 с.
2. Аналіз зернової торгівлі України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agravery.com/uk/posts/show/u-nas-52-miljoni-so-ocikuvatime-zernovu-torgivlu-ukraini-v-2019-roci> (Дата звертання 11.10.2020).
3. Одеський зерновий термінал. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://elevatort.com/karta-elevatorov-ukrainy/elevator/589-odesskiy-zernovoy-terminal-gpzk> (Дата звертання 11.10.2020).
4. Степанов, А.Л. Перегрузочное оборудование портов и транспортных терминалов [Текст]: Учеб. для вузов / А.Л. Степанов. - СПб.: Политехника, 2013. - 427 с.
5. РД 31.44.35-88. Положение о техническом диагностировании перегрузочных машин морских портов. Приказ ММФ от 29.03.1988 №53 [Текст]. - М.: В/О "Мортехинформреклама", 1988.
6. Сероштан, В.И. Диагностирование грузоподъемных машин [Текст]: В.И. Сероштан, Ю.С. Огарь, А.И. Головин и др.; под ред. В.И. Сероштана, Ю.С. Огаря. - М.: Машиностроение, 1992. - 192 с.
7. Аблязов, К.А. Основы теории надежности и диагностики [Текст]: учебное пособие / К.А. Аблязов, И.С. Катрюк, В.В. Попов. - Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2008. - 212 с.
8. Розенберг, Г.Ш. Вибродиагностика [Текст]: Моногр. / Г.Ш. Розенберг, Е.З. Мадорский, Е.С. Голуб и др.; Под ред. Г.Ш. Розенберга. - СПб.: ПЭИПК, 2003. - 284 с.
9. Зусман, Г.В. Вибродиагностика [Текст]: учебное пособие для подготовки специалистов по неразрушающему контролю и технической диагностике / Г. В. Зусман, А. В. Барков ; под общ. ред. В. В. Ключева. - Москва : Спектр, 2011. - 214 с.
10. Ключев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст]: Справочник / В.В. Ключев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.; Под ред. В.В. Ключева. - М.: Машиностроение, 1995. - 488 с.
11. Матвеевский, В.Р. Надежность технических систем [Текст]: Учебное пособие / В.Р. Матвеевский. - М.: МГИЭМ, 2002. - 113 с.
12. Проников А.С. Надежность машин [Текст]. - М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.