

А. В. Новицький, доц., канд. техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

e-mail: Novytskyi@nubip.edu.ua

Моніторинг технічного стану ЗПРК за керівними матеріалами на їх експлуатацію

В статті представлено моніторинг інструкцій з обслуговування та експлуатації машин, керівних матеріалів на використання з позиції їх інформативності щодо реалізації вимог надійності. Моніторинг технічного стану проводився для зарубіжних зразків засобів для приготування і роздавання кормів з горизонтальними змішувально-подрібнювальними механізмами. Проаналізовано механізми з позицій наявності інформації про особливості конструкції, характерні несправності та відмови, основні способи відновлення працездатності. Забезпечення надійності включає кілька напрямків діяльності на протязі всіх життєвих циклів.

Встановлені основні положення для оцінки технічного стану та підвищення надійності машин при використанні керівних матеріалів. До складу положень входять: інформація про показники надійності машин, механізмів, робочих органів; періодичність технічного обслуговування і ремонту машин, відновлення робочих органів; відомості про трудомісткість технічного обслуговування і ремонту машин, відновлення робочих органів; схеми монтажу-демонтажу механізмів; інформація про характерні відмови та послідовність їх усунення; інформація про критерії граничного стану; технології відновлення робочих органів; інформація про вимоги при встановленні на зберігання.

засіб для приготування і роздавання кормів, машина, моніторинг, надійність, технічний стан, роботоздатність, керівні матеріали

Постановка проблеми. В останні роки в аграрній сфері України можна спостерігати значне оновлення машин та обладнання для тваринництва, включаючи сектор засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) [24]. Зазначене оновлення проходить не лише за рахунок надходження в експлуатацію кращих зарубіжних та вітчизняних зразків ЗПРК [24], але й заміну машин з горизонтальними механізмами подрібнення-змішування (МПЗ) на МПЗ з вертикальними шнековими робочими органам [30].

Практика використання та забезпечення працездатності ЗПРК з горизонтальними шнеками вказує на те, що зарубіжні зразки зазначених машин мають покращені технічні характеристики, в тому числі, досить високу експлуатаційну надійність [8, 7, 17, 19, 22, 23, 24, 29]. Разом з тим, інтенсивність використання цих засобів не зменшується, більшість з них відпрацювала свій амортизаційний період, а умови експлуатації та зберігання вимагають особливої уваги та постійного контролю з боку операторів машин, сервісних працівників, інженерно-технічної служби.

Окремі механізми сучасних зарубіжних ЗПРК, включаючи механізм завантаження та механізм вивантаження кормової суміші оснащені вбудованими електронними пристроями функціонування та контролю технічного стану, що сприяє забезпеченню їх працездатності при реалізації системи технічного обслуговування і ремонту (СТОР) [3, 8, 32].

Ускладнення сільськогосподарської техніки, зростання вимог споживачів до їх технічного рівня, зоотехнічних вимог і якості продукції, необхідність забезпечення працездатності ЗПРК з горизонтальними змішувально-подрібнювальними органами є мотивацією для використання системного аналізу для оцінки і забезпечення надійності систем та підсистем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як було зазначено в попередніх дослідженнях [2, 3, 4, 5, 6, 10, 15, 28], результати технічного діагностування або ж відділеного встановлення технічного стану є підставою для прийняття рішення про подальший характер і режими використання машин, періодичність встановлення їх ТОР, номенклатуру запасних частин, обсяги ремонтно-профілактичних робіт. Прийняття рішення про необхідність проведення ТОР або ж відновлення працездатності при виникненні відмов є наявність відповідної інформації в нормативно-технічній документації.

Справність ЗПРК може відновлюватись при ремонті, а працездатність – підтримуватись при ТО і в процесі експлуатації виходячи з рекомендацій, що передбачені інструкціями та нормативними матеріалами на використання ЗПРК [13, 14, 16, 15, 30, 31, 33, 34, 35]. Для своєчасного і ефективного проведення технічного обслуговування і ремонту ЗПРК, необхідно знати [21, 25, 26, 32]:

- періодичність ТОР;
- критерії втрати працездатності;
- граничні і допустимі значення параметрів технічного стану;
- рівень підготовки персоналу для забезпечення їх працездатності.

У цьому аспекті слід також звернути увагу на дослідження, що присвячені вивченню впливу споживчих якостей машин, включаючи ЗПРК, на ефективність та надійність їх експлуатації [26, 28]. Методика досліджень передбачає оцінку та забезпечення надійності ЗПРК на основі аналізу системи діючих нормативних документів та керівних матеріалів.

Постановка завдання. Метою проведення досліджень є підвищення надійності засобів для приготування і роздавання кормів як складних технічних систем на основі аналізу існуючих нормативних документів на експлуатацію.

Виклад основного матеріалу. Під забезпеченням надійності слід розуміти комплекс взаємопов'язаних організаційно-технічних вимог та заходів, що підлягають проведенню на певних стадіях життєвого циклу об'єктів та спрямованих на обґрунтування номенклатури та завдання необхідних рівнів кількісних та якісних вимог до показників надійності, забезпечення їх досягнення при розробці та виробництві виробів, а також підтримка та підвищення, а при необхідності, відновлення досягнутого рівня в процесі експлуатації [11].

Аналіз надійності об'єкта за результатами заходів і способів щодо забезпечення надійності на етапах проектування, виробництва та експлуатації відповідно до програми забезпечення надійності (ПЗН) передбачає аналіз ремонтної та експлуатаційної документації з точки зору забезпечення надійності [12]. Забезпечення надійності будь-якої технічної системи, зокрема і СТС ЗПРК є комплексною характеристикою і включає кілька напрямків діяльності або процесів. На рис. 1 представлено графічне уявлення основних видів діяльності із забезпечення надійності СТС.

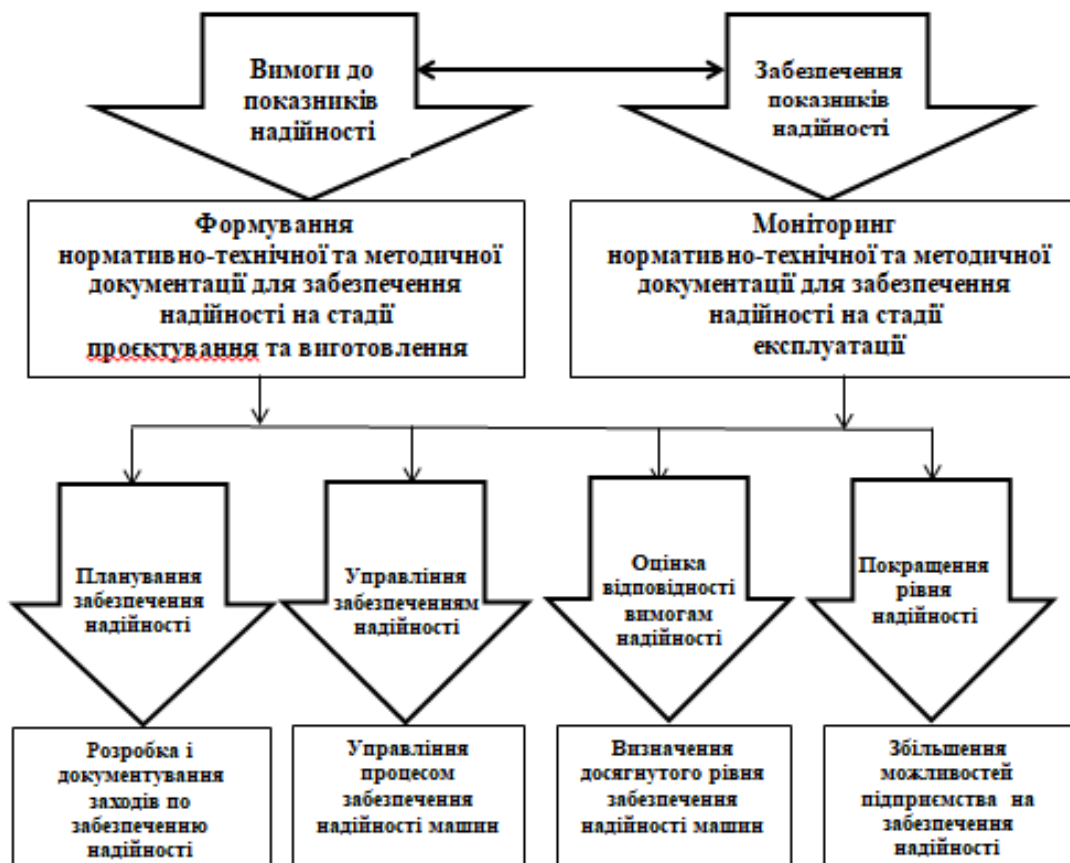


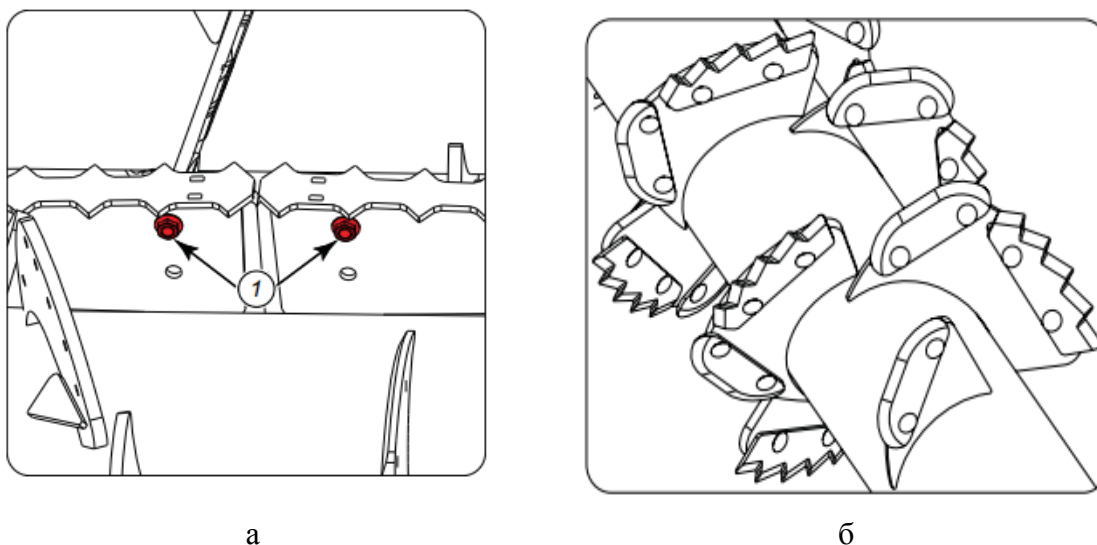
Рисунок 1 – Графічне подання змісту забезпечення надійності ЗПРК

Джерело: розроблено на підставі [12]

З рисунку 1 бачимо, що визначальним для постановки та вирішення завдань щодо забезпечення надійності ЗПРК є наявність вимог до надійності виробу. Звідси впливає наступне правило. Планувати та проводити будь-які роботи із забезпечення надійності будь-якого зразка ЗПРК має доцільність лише тоді, коли споживач пред'являє вимоги до надійності, тобто для вирішення зазначеного завдання спочатку мають бути визначені нормативні документи, що визначають вимоги до показників надійності [11, 12].

Згідно нормативних документів, для забезпечення ефективності експлуатації, продовження терміну служби і гарантування надійної роботи ЗПРК, ТОР необхідно проводити через відповідні проміжки часу [13, 14, 16, 30, 31, 33, 34]. Згідно нормативних рекомендацій заводів-виробників, зазначені роботи повинні проводитись авторизованими сервісними центрами. Як зазначено в [13, 14, 30], заводи-виробники не несуть відповідальність за відмови, що виникають в тих випадках, коли правила із сервісного обслуговування були порушені, або дотримані із порушеннями інструкцій на використання ЗПРК.

Механізм подрібнення-змішування змішувача-роздавача EUROMIX II 1460-1860 з горизонтальними подрібнювально-змішувальними робочими органами, передбачає регулювання протиріжучих ножів [34] (рис. 2).



а - регулювання протиріжучих ножів; б - комплект ножів для вторинного подрібнення

Рисунок 2 – Елементи МПЗ змішувача-роздавача EUROMIX II 1460-1860

Джерело: [34]

Протиріжучі ножі можуть бути встановлені в наступних положеннях: центрі, вгорі та внизу, що регулюються за допомогою гвинтів 2 (положення 1). Високе положення рекомендується встановлювати для складних умов використання та для регулювання різання волокон при обмеженні необхідної потужності. Встановлення зазначеного положення виконується безпосередньо на заводі.

Пристрій (рис. 2, б) використовується для покращення якості і швидкості подрібнення волокнистих продуктів [34].

Згідно інструкції на експлуатацію [34] для МПЗ змішувача-роздавача EUROMIX II 1460-1860 передбачено комплекс робіт з ЩТО, через кожні 10 год., 50 год., 100 год. та 1500 год. роботи. Також, сервісне обслуговування передбачає мащення механізми ЗПРК із вказуванням точок мащення.

В окремих випадках можливе блокування шнеків ЗПРК при використанні машини і руйнування запобіжного болта. Основними причинами зазначеної відмови є: швидке завантаження; підвищена швидкість механізму відбору потужності; наявність сторонніх предметів; зношені або пошкоджені ножі.

Але представлені в інструкції критерії граничного стану не відображують стан робочих органів і деталей, що лімітують надійність МПЗ ЗПРК [34].

Для ефективної роботи кормороздавачів РСК-12.00.00.000 РЭ та ПРСК-12.00.00.000 РЭ, а також для забезпечення їх надійності, необхідно здійснювати постійний контроль за станом вузлів ЗПРК та їх регулювання, періодичне мащення та своєчасну заміну зношених робочих органів та деталей [14, 31].

Надзвичайно корисною і позитивною є представлена в технічній характеристиці інформація про показники надійності кормороздавача [14, 31]. Вона включає наступні показники: коефіцієнт готовності – 0,98; середнє напрацювання на складну відмову – 160 год. (150 год. для [36]), термін служби – не менше 8 років.

Також, в інструкціях для зазначених ЗПРК [14, 31] надано рекомендації щодо кількості та кваліфікації обслуговуючого персоналу: один тракторист – машиніст, не менше 3 класу. Але було б доцільно більш ширше відобразити вимоги до операторів машин, а також щодо персоналу, що здійснює сервісне обслуговування і ремонт ЗПРК.

Згідно інструкцій на експлуатацію [14, 31] для кормороздавачів передбачено комплекс робіт з технічного обслуговування: ЩТО перед початком роботи, ТО-1 через кожні 120 год., ТО перед кожним сезоном роботи та ТО при зберіганні. Сервісне обслуговування передбачає комплекс рекомендацій щодо мащення механізмів ЗПРК із вказуванням точок мащення та рекомендації з ТО та регулювання (рис. 3) [13].

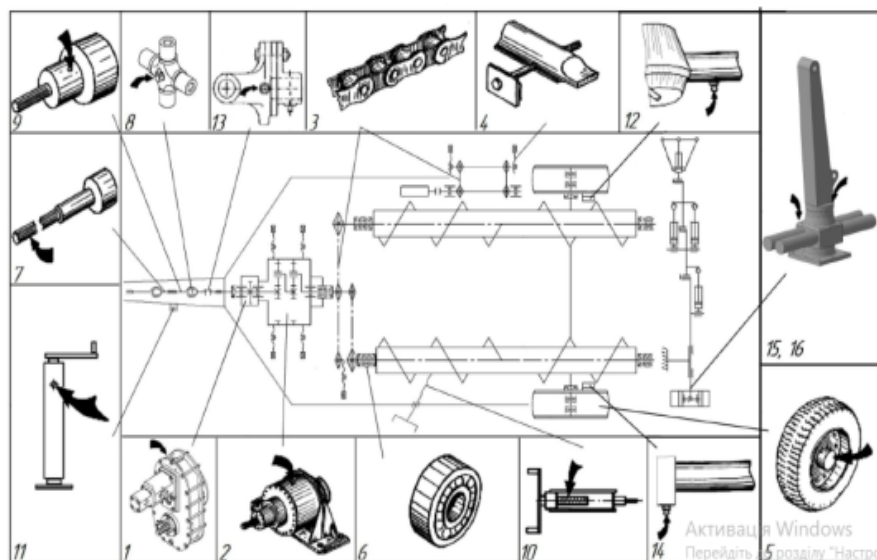


Рисунок 3 – Схема мащення РСК-12.00.00.000 РЭ

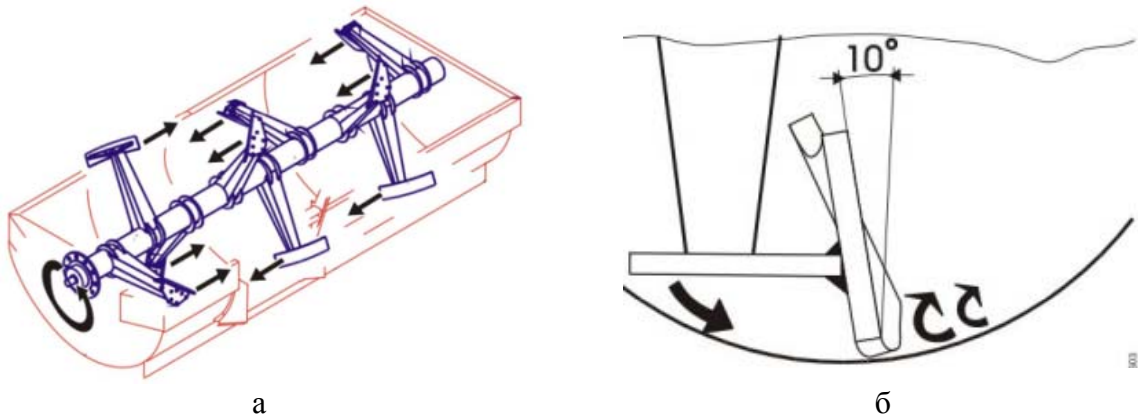
Джерело: [13]

Заслуговує на увагу представлений в інструкції перелік характерних несправностей кормороздавача та рекомендації для їх усунення. Ремонт кормороздавача, що має перелічені в [14] відмови, слід виконувати на підприємстві-виробнику або спеціалізованих підприємствах.

В зазначених керівних матеріалах на експлуатацію [14, 31] міститься цілий блок інформації про правильне зберігання кормороздавачів, яке забезпечує їх збереження, попереджає руйнування та пошкодження, сприяє скороченню витрат на ТО, ремонт та продовжує термін служби.

При організації зберігання та консервації необхідно суворо дотримуватись вимог, що зазначаються в інструкції. ЗПРК повинен зберігатися під навісом або в складському приміщенні за обов'язкового виконання робіт з консервації. В окремих випадках дозволяється зберігання машин на відкритих спеціально оснащених майданчиках. Зберігання ЗПРК передбачає ряд робіт з технічного обслуговування: ТО при короткочасному зберіганні; ТО при зніманні зі зберігання; ТО при тривалому зберіганні; ТО у період зберігання; ТО при зніманні зі зберігання.

Кормороздавач PA15R IF-STOLL призначено для змішування компонентів кормів для тварин і роздавання готових продуктів [13]. Зазначений кормороздавач розроблено з метою збереження структури кормів при перемішуванні на протязі 5-30 хв. Якість перемішування забезпечується роботою МПЗ до складу якого входить горизонтальний шнек з лопатями і ножем (рис. 4, а). Лопаті розміщені під кутом до валу для досягнення максимального ефекту перемішування. Обґрунтоване встановлення робочих органів під кутом до поздовжнього валу забезпечує переміщення кормової суміші до вивантажувального люку.



а – механізм подрібнення-змішування; б – кут встановлення лопатей механізму подрібнення-змішування
Рисунок 4 - Кормороздавач PA15R IF-STOLL

Джерело: [13]

Позитивною відмінністю кормороздавача від інших ЗПРК є лопаті (рис. 4, б), що встановлені під кутом 10^0 до напрямку руху вала ротора [12]. За рахунок зазначеної особливості конструкції досягається ефект підйому корму з дна та від стінок бункера до центру.

Розглянемо кормозмішувачі «DeLaval» (Швеція), які використовуються для приготування і роздавання кормів на фермах ВРХ [15]. Кормозмішувач має три змішувально-подрібнювальних органи, швидкість обертання яких становить відповідно: подавального – 2,5 об./хв., змішувально-подрібнювального – 7 об./хв. За результатами випробовувань в УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого [18, 23], встановлені показники якості роботи: рівномірність змішування – 93,8%; тривалість змішування – 7 хв.; рівномірність роздавання – 96,2%.

Надійність МПЗ кормозмішувач «DeLaval» [16] лімітують ножі, протирізи, рейки та шнеки, для яких характерні поступові відмови від зношування та аварійні відмови, в результаті попадання в бункер сторонніх предметів.

Згідно рекомендацій заводу-виробника, зазори між ножами і протирізами, між ножами і рейками не повинні перевищувати 1мм. Граничним є збільшення зазорів між вказаними робочими органами понад 2 мм. Зафіксовані випадки погіршення роботи шнеків у результаті зношування підшипників. Основними відмовами трансмісійних ланцюгів є зміна їх натягування, яка призводить до збільшення люфту і порушення роботи механізму приводу. Основні причини – це зношування ланцюгів та ексцентричних пластикових втулок. Граничним є збільшення люфту до 30 мм. В інструкції представлено аналіз основних регулювань механізмів ЗПРК, параметри граничного стану ножів МПЗ та їх ескізи. Разом з тим, в [16,] для ЗПРК не наведено рекомендації з ТО та не вказані основні показники надійності, що важливо при виборі машини споживачами.

В інструкції на використання ЗПРК [34] зазначено, що критерієм їх граничного стану має бути неможливість або техніко-економічна недоцільність проведення ремонту, коли його вартість перевищує 80% вартості нового кормороздавача.

Термін служби окремих конструкцій, обладнання та складових частин ЗПРК повинен відповідати його розрахунковому терміну служби. Середній час відновлення працездатності змішувача-кормороздавача становить 4 год., за наявності запасних частин. Питома сумарна оперативна трудомісткість ТО становить не більше 0,07 люд.-год., а змінний оперативний час ТО – не більше 0,22 год.

Контроль показників надійності ЗПРК повинен здійснюватися не рідше 1 разу на рік шляхом набору статистичних даних та узагальнення результатів спостережень за підконтрольною групою агрегатів (за критеріями безвідмовності, довговічності та ремонтпридатності). Після закінчення призначеного терміну служби ЗПРК підлягають випробуванню на надійність та встановленню відповідних технічних показників конструкторської документації.

Після закінчення призначеного ресурсу експлуатація ЗПРК може бути припинена незалежно від їх технічного стану. В нормативних документах на безпечне використання ЗПРК [34] задекларовані показники надійності, які є визначальними для забезпечення ефективності їх експлуатації та підтримання працездатності (табл. 1).

Таблиця 1 – Експлуатаційно-технологічні параметри змішувачів-кормороздавачів

Найменування призначеного показника	Значення показника
Розрахунковий термін служби, років, не менше	8
Встановлений ресурс до капітального ремонту, год.	5000
Гарантійний термін зберігання, років	1,5
Середнє напрацювання на складну відмову (II та III груп складності), год., не менше	160
Ймовірність безвідмовної роботи за рік експлуатації в період до ремонту з розбиранням	0,92
Експлуатаційна надійність, K_{er}	1,0
Коефіцієнт готовності, щонайменше, K_r	0,98

Джерело: розроблено на підставі [34]

Також дуже важливо, щоб конструкцією змішувачів-кормороздавачів було передбачено забезпечення показників ремонтпридатності: доступності до органів управління, місць регулювання та налаштування; можливість проведення зовнішнього огляду та обслуговування; доступність та можливість зручної заміни робочих органів і деталей, що швидко зношуються; проведення ТО у мінімальний термін.

Особливе місце в керівних матеріалах на експлуатацію ЗПРК займає рівень кваліфікації персоналу, аналіз можливих помилок при експлуатації машин та рекомендації на їх усунення. Це підтверджує важливість дослідження впливу людського фактору на надійність ЗПРК як СТС «ЛМС» [1, 9, 17, 18].

Персонал, що зайнятий експлуатацією змішувачів-кормороздавачів, повинен знати їх будову та правила експлуатації, виконувати відповідні виробничі інструкції, забезпечувати дотримання оптимальних режимів та встановлених параметрів роботи, підтримувати їх у справному стані, запобігати випадкам аварійного виходу з ладу [33].

Як зазначено в [33], підприємства, що експлуатують змішувачі-кормороздавачі, зобов'язані проводити технічне навчання виробничого персоналу, що займаються експлуатацією обладнання, за відповідними програмами та у передбачені терміни з урахуванням особливостей встановленого обладнання та конкретних умов експлуатації. Організація навчання персоналу, а також перевірка рівня знань кваліфікаційними комісіями має проводитися відповідно до порядку, прийнятого на підприємстві. Періодична перевірка знань персоналом виробничих інструкцій має проводитися не рідше одного разу на три роки.

Слід звернути увагу, що в інструкції на експлуатацію ПРСК-12.00.00.000 РЭ [31] міститься інформація про можливі помилкові дії персоналу, що можуть призвести до руйнування засобу та способи їх усунення.

За результатами моніторингу проведено порівняльний аналіз заходів з оцінки технічного стану та підвищення надійності МПЗ, які передбачені в інструкціях на експлуатацію ЗПРК [13, 14, 31, 33, 34]. Порівняльний аналіз передбачає формування основних положень, що є визначальними для оцінки технічного стану та підвищення надійності ЗПРК з горизонтальними змішувально-подрібнювальними органами (табл. 2). Він включає:

- інформація про показники надійності ЗПРК;
- періодичність ТО і ремонту ЗПРК, відновлення робочих органів;

Таблиця 2 – Визначальні положення для оцінки технічного стану деталей і робочих органів ЗПРК

Показники для оцінки технічного стану деталей і робочих органів	Марка засобу для приготування і роздавання кормів					
	Змішувач-кормороздавач EUROMIX II 1460-1860	Кормороздавач РСК-12.00.00.000 РЭ	Навантажувач-роздавач-змішувач кормів ПРСК-12	Кормороздавач PA15R. IF-STOLL	Мобільний-кормозмішувач «DeLaval»	Змішувачі-кормороздавачі. Обґрунтування безпеки
Інформація про показники надійності ЗПРК (механізмів, робочих органів)	–	+	+	–	+	+
Періодичність ТО і ремонту ЗПРК відновлення робочих органів	+	+	+	+	+	+
Відомості про трудомісткість ТО і ремонту ЗПРК, відновлення деталей	–	–	+	+	+	+
Схеми монтажу-демонтажу механізму, відновлення робочих органів	+	–	–	–	+	–
Інформація про характерні відмови та послідовність їх усунення;	+	+	+	+	–	–
Інформація про критерії граничного стану робочих органів	+	+	+	+	+	+
Рівень кваліфікації персоналу, що експлуатує та обслуговує ЗПРК	–	+	+	–	–	+
Інформація про вимоги при встановлення на зберігання	+	+	+	–	–	–

Джерело: розроблено на підставі [13, 14, 31, 33, 34]

- відомості про трудомісткість ТО і ремонту машин, відновлення робочих органів;
- схеми монтажу-демонтажу механізму, відновлення робочих органів;
- інформація про характерні відмови та послідовність їх усунення;
- інформація про критерії граничного стану робочих органів і деталей;
- рівень кваліфікації персоналу, що експлуатує та обслуговує ЗПРК;

- інформація про вимоги при встановлення на зберігання.

Моніторинг результатів системного аналізу, що представлено в таблиці 2 вказує на те, що не всі керівні матеріали на експлуатацію ЗПРК з горизонтальними змішувально-подрібнювальними органами містять достатній об'єм інформації, який необхідний для оцінки та забезпечення їх надійності. У більшості керівних матеріалів на експлуатацію ЗПРК відсутня інформація про їх одиничні та комплексні показники надійності, критерії граничного стану робочих органів, відомості про трудомісткість ТОР.

Практично відсутня інформація щодо вимог до підготовки персоналу, що займається експлуатацією, технічним обслуговуванням і ремонтом ЗПРК, встановленням та зняттям їх зі зберігання.

Слід звернути увагу споживачів на те, що не всі керівні матеріали містять інформацію про такі важливі складові ефективного використання ЗПРК, як комплектність машин та їх гарантійне обслуговування.

Окремо слід звернути увагу на наявність в керівних матеріалах рекомендацій щодо утилізації машин, зношених робочих органів і деталей, витратних матеріалів і технічних рідин.

Висновки. Виходячи із зазначеного, можна стверджувати, що розвиток техніки і технологій, складність взаємозв'язків технічних об'єктів, вплив людського фактору викликають необхідність розробки науково-обґрунтованих принципів і єдиних підходів для вибору методів і критеріїв для оцінки надійності ЗПРК з горизонтальними змішувально-подрібнювальними органами.

1. За результатами досліджень обґрунтовано використання перспективного наукового підходу до підвищення надійності засобів для приготування і роздавання кормів на основі моніторингу технічного стану виходячи з аналізу керівних матеріалів на їх експлуатацію.

2. Сформована можливість проведення системного аналізу заходів з оцінки технічного стану і підвищення надійності ЗПРК з горизонтальними змішувально-подрібнювальними органами.

3. Встановлено, що для більшості керівних матеріалів на експлуатацію ЗПРК відсутня інформація про їх одиничні та комплексні показники надійності, критерії граничного стану робочих органів, відомості про трудомісткість технічного обслуговування і ремонту, характерні несправності, відмови та способи їх усунення.

4. Значним резервом у забезпеченні надійності засобів є наявність інформація про підготовку та професійно важливі якості персоналу який займається їх монтажем та експлуатацією, технічним обслуговуванням та ремонтом, зберіганням та утилізацією.

5. Доцільно в межах реалізації Програми забезпечення надійності [12] для ЗПРК провести: контроль якості запасних частин; аналіз причин відмов і організацію зворотного зв'язку з етапами проектування та виготовлення; впровадження сучасних технологій ремонту; розробку методології та засобів технічної діагностики залишкового ресурсу.

6. Впровадження результатів представлених досліджень проектними організаціями та заводами сільськогосподарського машинобудування дасть можливість підвищити споживчі якості засобів для приготування і роздавання кормів та надійність в експлуатації, забезпечити ресурсозбереження та імпортозаміщення, дозволить підвищити показники довговічності та ремонтпридатності.

Список літератури

1. Andriy Novitskiy, Aleksandr Bannyi. Логико – вероятностные модели надёжности сложной техники. *Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture*. Lublin, 2012. Vol. 14, №3. P. 184–190.

2. Aulin, V., Hrynkiy, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D., Zamota, T., Pankov, A., Sokol, M., Ratynskiy, V., Lavrentieva, O. Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the "Uvk Ukraine" company transport and logistics center (2020). *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 22 (2), pp. 3-14.
3. Novitskiy A., Karabinhosh S. Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 2. 241. P. 106-121.
4. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Trokhaniak V. I., Pastushenko A. S., Novitskiy A. V. Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series*. №1 (97) / 2020. Karaganda, 2020. pp. 122–131. Scopus. WoS.
5. Rogovskii I. L. Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kyiv. 2017. Vol. 258. P. 399–407.
6. Rogovskii I., Titova L., Novitskiy A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 291-298.
7. Vasyl Khmelovskiy, Volodymyr Otchenashko, Semen Voloshyn, Olena Pinchevska. Providing processes of preparation and distribution of feed for cattle on animal husbandry farms. *Engineering for rural development: Proceedings of 18th International Scientific Conference*. Jelgava, Latvia, May 20-22, 2020. pp. 778–783. Scopus. WoS.
8. Andriy Novitskiy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 19. No 3. 123–128.
9. Андрей Новицкий, Александр Банний Логико-вероятностное моделирование надежности сложной сельскохозяйственной техники. *Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture*. 2016. Vol. 14, №3. P. 187–196.
10. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД», 2017. 370 с.
11. ДСТУ 3278-95. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення. Держстандарт України. Київ. 59 с.
12. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Видання офіційне. Держстандарт України. Київ. 16 с.
13. Кормораздатчик PA15R. IF-STOLL. Инструкция по эксплуатации. 2010. 80 с.
14. Кормораздатчик РСК. Руководство по эксплуатации РСК-12.00.00.000 РЭ. 2020. 82 с.
15. Ловейкін В. С., Хмельовський В. С., Гудова А. В. Підвищення ефективності роботи мобільних змішувачів-роздавачів кормів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація і автоматизація виробничих процесів*. 2016. Вип. 10/2 (30). С. 107–111.
16. Мобільний кормозмішувач «DeLaval». Інструкція з експлуатації. 65 с.
17. Новицкий А. В. Исследование вероятности безотказной работы средств для приготовления и раздачи кормов как систем «Человек-Машина». *Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture*. Lublin, 2015. Vol. 17, № 3. P. 335–341.
18. Новицкий А. В., Мельник В. И., Билоус М. С. Формирование профессионально важных качеств инженерно-технического персонала при обслуживании сельскохозяйственной техники. *Сборник научных трудов SWorld*, 18 – 30 Марта 2014г. Технические науки, Том 3. 2014. С. 63–67.
19. Новицкий А. В., Ружи́ло З. В. Аналіз відмов засобів для приготування і роздавання кормів. *Науковий вісник НУБіПУ. Серія «Техніка та енергетика АПК»*. Вип. 226. К., 2015. С. 253–259.
20. Новицкий А. В. Методологія дослідження надійності техніки на основі логіко-ймовірнісного моделювання. Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції , присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну НУБіПУ. К. 2021. С. 274–276.
21. Новицкий А. В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. vol. 10. no.3. P. 101–108.
22. Новицкий А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2016. Вип. 254, ч. 3. С. 221–335.
23. Новицкий А. В. Оцінка надійності засобів для приготування і роздавання кормів в залежності від умов і режимів їх експлуатації. *Науковий вісник НУБіПУ. Серія «Техніка та енергетика АПК»*. Вип. 212, ч. 1. К., 2015. С. 141–147.
24. Новицкий А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, p. 115–124.

25. Новицький А. В., Банний О. О. Статистичний аналіз функціонування ремонтної служби України 2021 *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 12, No 2, p. 39–47.
26. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки 2021 *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 4, p. 39–46.
27. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Логіко-імовірнісна модель надійності засобів для приготування і роздавання кормів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 16. Вип. 10(2). С. 137–141.
28. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2017. Вип. 264 (2017). С. 293–303.
29. Новицький А. В., Ружи́ло З. В., Котречко О.О. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2019, Vol. 10, No 3, P. 151–157.
30. Новицький А. В., Харьковський І. С., Новицький А. В. Моніторинг технічного стану сільськогосподарської техніки за керівними матеріалами на її експлуатацію. 2021. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2021, Vol. 12, No 4, p. 85–93.
31. Погрузчик-раздатчик-смеситель кормов ПРСК 12. ПРСК-12.00.00.000 РЭ. 2020. 80 с.
32. Ружи́ло З. В., Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. *Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів»*. 2016. Вип. 2. С. 223–231.
33. Смесители–кормораздатчики обоснование безопасности. Код ОКПО.28.22.18.001 ОБ. Самара, 2018. 42 с.
34. Смеситель-кормораздатчик EUROMIX II 1460-1860. 2017. 75 с.
35. Шацкий В. В. Моделирование биотехнических систем. Запорожье: Интер-М, 2017. 300 с.

References

1. Andriy Novitskiy, Aleksandr Bannyi. (2012). Lohyko – veroiatnostnye modeli nadězhnosti slozhnoi tekhniky. *Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. Lublin, Vol. 14, 3, P. 184–190* [in English].
2. Aulin, V., Hryniv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D. et al. (2020). Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the "Uvk Ukraine" company transport and logistics center. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 22 (2)*, pp. 3–14 [in English].
3. Novitskiy, A. & Karabinhosh, S. (2018). Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Vol. 9. No. 2. 241. P. 106–121* [in English].
4. Pylypaka, S.F., Klendii, M.B., Trokhaniak, V.I., Pastushenko, A.S., Novitskiy, A.V. (2020). Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. №1 (97) / 2020. Karaganda, pr. 122–131. Scopus. WoS* [in English].
5. Rogovskii, I.L. (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Vol. 258. P. 399–407* [in English].
6. Rogovskii, I., Titova, L., Novitskii, A. & Rebenko, V. (2019). Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development. Vol. 18. P. 291–298* [in English].
7. Vasyl Khmelovskiy, Volodymyr Otchenashko, Semen Voloshyn, Olena Pinchevska. (2020). Providing processes of preparation and distribution of feed for cattle on animal husbandry farms. *Proceedings of 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 20–22, pp. 778–783. Scopus. WoS* [in English].
8. Andriy Novitskiy. (2017). Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 19. No 3. 123–128* [in English].
9. Andrej Novickij & Aleksandr Bannyj (2016). Logiko-verojatnostnoe modelirovanie nadezhnosti slozhnoj sel'skohoziastvennoj tekhniki. *Motrol, motoryzacia i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. Lublin, Vol. 14, №3. R. 187–196* [in Russian].
10. Aulin, V.V., Holub, D.V., Hryniv, A.V. & Lysenko, S.V. (2017). *Metodolohichni i teoretychni osnovy zabezpechennia ta pidvyshchennia nadiinosti funktsionuvannia avtomobilnykh transportnykh system* [Methodological and theoretical foundations of ensuring and increasing the reliability of the functioning of automobile transport systems]. Kropyvnytskyi: Vydavnytstvo TOV «KOD» [in Ukrainian]

11. Systema rozroblennia ta postavlennia produktsii na vyrobnytstvo. Osnovni terminy ta vyznachennia. [The system of development and delivery of products for production. Basic terms and definitions](1995). DSTU 3278-95. Derzhstandart Ukrainy. Kyiv [in Ukrainian].
12. Nadiinist tekhniky. Analiz nadiinosti. Osnovni polozhennia. [Reliability of equipment. Reliability analysis. Substantive provisions]. (1994). DSTU 2861-94. Vydannia ofitsiine. Derzhstandart Ukrainy. Kyiv [in Ukrainian].
13. Kormorazdatchik PA15R. IF-STOLL. [Feed dispenser PA15R. IF-STOLL]. (2010). Instrukcija po jekspluatatsii. [in Russian].
14. Kormorazdatchyk RSK. [Kormorazdatchik RSK]. (2020). Rukovodstvo po jekspluatatsii RSK [in Russian].
15. Loveikin, V.S., Khmelovskiy, V.S. & Hudova, A.V. (2016). Pidvyshchennia efektyvnosti roboty mobilnykh zmishuvachiv-rozdavachiv kormiv [Improving the efficiency of mobile mixers-distributors of fodder]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriya: mekhanizatsiia i avtomatyzatsiia vyrobnychyykh protsesiv – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes, Issue 10/2 (30), 107–111.* [in Ukrainian].
16. Mobilnyi kormozmishuvach «DeLaval» [DeLaval mobile feed mixer.]. Instruktziia z ekspluatatsii. [in Ukrainian].
17. Novytskyi, A.V. (2015). Yssledovanye veroiatnosti bezotkaznoi raboty sredstv dlia pryhotovleniya y razdachy kormov kak system «Chelovek-Mashyna» [Investigation of the probability of failure-free operation of means for the preparation and distribution of fodder as "Man-Machine" systems]. *Motrol, motoryzatsiia i enerhytyka rol'nictva motorization and power industry in agriculture. Lublin, Vol. 17, № 3, P. 335–341.* [in Russian].
18. Novickij, A.V., Mel'nik, V.I. & Bilous, M.S. (2014). Formirovanie professional'no vazhnykh kachestv inzhenerno-tehnicheskogo personala pri obsluzhivanii sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Formation of professionally important qualities of engineering and technical personnel when servicing agricultural machinery.]. *Sbornik nauchnykh trudov SWorld, Tehnicheskie nauki (18 – 30 Marta 2014g.) – Collection of scientific papers SWorld (March 18 - 30). Technical science, Vol.3, 63–67* [in Russian].
19. Novytskyi, A.V. & Ruzhylo, Z.V. (2015). Analiz vidmov zasobiv dlia pryhotuvannia i rozdavannia kormiv [Analysis of failures of means for preparing and distributing fodder]. *Naukovyi visnyk NUBiPU. Seriya «Tekhnika ta enerhytyka APK» – Scientific Bulletin of NUBiPU. Series "Agricultural machinery and energy", Issue. 226, 253–259.* [in Ukrainian].
20. Novytskyi, A.V. (2021). Metodolohiia doslidzhennia nadiinosti tekhniky na osnovi lohiko-ymovirnisnoho modeliuvannia [Methodology for researching reliability of equipment based on logical-probabilistic modeling]. *Modern problems and prospects for the development of mechanical engineering in Ukraine: Mizhnarodna naukovo-praktychna onlain-konferentsiia, prysviachenoj 20-y richnytsi z dnia stvorennia fakultetu konstruiuvannia ta dyzainu NUBiPU. K., 274–276.* [in Ukrainian].
21. Novytskyi, A.V. (2019). Monitorynh materialno-tehnichnoho zabezpechennia ta nadiinosti tekhniky APK v systemi rozvytku innovatsiinykh protsesiv [Monitoring of material and technical support and reliability of agricultural machinery in the system of development of innovative processes]. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research, Vol. 10, no.3, P. 101–108.* [in Ukrainian].
22. Novytskyi, A.V. (2016). Ohliad teoretychnykh doslidzhen nadiinoho funktsionuvannia skladnykh tekhnichnykh system u tvarynnystvi [Review of theoretical studies of reliable functioning of complex technical systems in animal husbandry]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhytyka APK – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Technology and energy of agricultural industry, K., Issue. 254, part. 3. S. 221–335.* [in Ukrainian].
23. Novytskyi, A.V. (2015). Otsinka nadiinosti zasobiv dlia pryhotuvannia i rozdavannia kormiv v zalezhnosti vid umov i rezhymiv yikh ekspluatatsii [Assessment of the reliability of means for preparing and distributing fodder depending on the conditions and modes of their operation]. *Naukovyi visnyk NUBiPU. Seriya «Tekhnika ta enerhytyka APK» – Scientific Bulletin of NUBiPU. Series "Agricultural machinery and energy", Issue 12, part. 1, 141–147.* [in Ukrainian].
24. Novytskyi, A.V. & Bannyi, O.O. (2020). Nadiinist silskohospodarskoi tekhniky v systemi innovatsiinykh protsesiv z dosvidu zarubizhnykh kompanii [Reliability of agricultural machinery in the system of innovative processes from the experience of foreign companies]. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research, Vol. 11, 2, 115–124.* [in Ukrainian].
25. Novytskyi, A.V. & Bannyi, O.O. (2020). Statystychnyi analiz funktsionuvannia remontnoi sluzhby Ukrainy 2021 [Statistical analysis of the functioning of the repair service of Ukraine in 2021]. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research, Vol. 12, 2, 39–47.* [in Ukrainian].
26. Novytskyi, A.V., Bannyi, O.O. & Bystryi, O.M. (2021). Doslidzhennia vplyvu ekspluatatsiinykh faktoriv na tekhnichnyi stan silskohospodarskoi tekhniky [Study of the influence of operational factors on the

- technical condition of agricultural machinery]. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*, Vol. 12, 4, 39-46 [in Ukrainian].
27. Novytskyi A. V., Novytskyi Yu. A. Lohiko-imovirnisna model nadiinosti zasobiv dlia pryhotuvannia i rozdavannia kormiv [Logical-probabilistic model of the reliability of means for preparing and distributing fodder]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriiia : Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychyykh protsesiv – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Mechanization and automation of production processes*, 16. Issue, 10(2), 137–141. [in Ukrainian].
 28. Novytskyi, A.V., & Novytskyi, Yu.A. (2017). Tekhnichna otsinka spozhyvchyykh yakosti silskohospodarskoi tekhniki [Technical assessment of consumer qualities of agricultural machinery]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia: Tekhnika ta enerhetyka APK – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Technology and energy of agricultural industry*, Issue. 264, 293–303. [in Ukrainian].
 29. Novytskyi, A.V., Ruzhylo, Z.V. & Kotrechko, O.O. (2019). Zabezpechennia nadiinosti silskohospodarskoi tekhniki v systemi rozvytku innovatsiinykh protsesiv [Ensuring the reliability of agricultural machinery in the system of development of innovative processes]. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*, Issue. 10, No 3, P. 151–157. [in Ukrainian].
 30. Novytskyi A.V., Kharkovskyi I.S. & Novytskyi A.V. (2021). Monitorynh tekhnichnoho stanu silskohospodarskoi tekhniki za kerivnymy materialamy na yii ekspluatatsiiu [Monitoring of the technical condition of agricultural machinery according to guidance materials for its operation]. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research* Vol. 12, No 4, 85-93 [in Ukrainian].
 31. Pohruchyk-razdatchyk-smesytel kormov PRSK 12. PRSK-12.00.00.000 RЭ. 2020. 80 s. [in Ukrainian].
 32. Ruzhylo, Z.V. & Novytskyi, A.V. (2016). Ohliad teoretychnykh doslidzhen nadiinoho funktsionuvannia system «LMS» pid vplyvom tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu. *Naukovyi Zhurnal «Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv»*, Issue. 2, 223–231. [in Ukrainian].
 33. Smesiteli–kormorazdatchiki obosnovanie bezopasnosti [Feed mixers safety case]. (2018). Kod OKPO.28.22.18.001 OB. Samara, 42 s. [in Russian].
 34. Smestitel'-kormorazdatchik EUROMIX II 1460-1860 [Feeder EUROMIX II 1460-1860]. 2017. 75 p [in Russian].
 35. Shackij, V.V. (2017). *Modelirovanie biotekhnicheskikh sistem [Modeling of biotechnical systems]*. Zaporozh'e: Inter-M [in Russian].

Andrey Novitskiy, Assoc. Prof., Ph.D. tech. sci.,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Monitoring of the technical condition of MPDF on guidelines for their operation

The efficiency of use and increase the reliability of agricultural machinery depends on the regulatory and technical documentation governing the requirements for its technical condition and operation. The analysis of the existing normative-technical and guiding documents on ensuring the reliability of means for preparation and distribution of fodder is given. To effectively carry out maintenance and repair of means for the preparation and distribution of feed should know: the criteria for disability; maximum and permissible parameters of technical condition; indicators of the transition of equipment from working to inoperable condition.

The article presents the monitoring of instructions for maintenance and operation of machines, guide materials for use from the standpoint of their informativeness on the implementation of reliability requirements. Monitoring of technical condition was carried out for foreign samples of means for preparation and distribution of feed with horizontal mixing and grinding mechanisms. The mechanisms are analyzed from the standpoint of the availability of information about the features of the structure, the characteristic faults and failures, the main ways to restore efficiency. Ensuring reliability includes several activities throughout the life cycle.

The main provisions for assessing the technical condition and improving the reliability of machines when using guide materials. The provisions include: information on the reliability of machines, mechanisms, working bodies; periodicity of maintenance and repair of machines, restoration of working bodies; information on the complexity of maintenance and repair of machines, restoration of working bodies; schemes of assembly and disassembly of mechanisms; information on typical failures and the sequence of their elimination; information on the limit state criteria; technologies for the restoration of working bodies; information on installation requirements.

The current normative documents of the system of general technical requirements for the means for the preparation and distribution of feed do not fully meet the organizational and methodological aspects of ensuring their reliability.

means for preparation and distribution of fodder, machine, monitoring, reliability, technical condition, operability, guiding materials

Одержано (Received) 12.05.2022

Прорецензовано (Reviewed) 26.05.2022

Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022