

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

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

e-mail: Novytskyy@nubip.edu.ua

Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки

Представлені етапи Програми забезпечення надійності засобів для приготування і роздавання кормів на стадії експлуатації та обслуговування. Встановлені основні складові етапів реалізації Програми забезпечення надійності. Підтверджена необхідність дослідження експлуатаційної надійності машин як складних технічних систем з використанням кількісних методів розрахунку. Визначені рекомендації для підвищення надійності засобів для приготування і роздавання кормів: підготовка персоналу який займається їх монтажем та експлуатацією, технічним обслуговуванням та ремонтом; організація системи збирання інформації про надійність; забезпечення системи технічного обслуговування і ремонту; дослідження причин відмов відремонтованих об'єктів; функціонування автоматизованого контролю технічного стану об'єкту.

програма забезпечення надійності, експлуатаційна надійність, засіб для приготування і роздавання кормів, керівні матеріали

Постановка проблеми. Тваринницька галузь має важливе значення для аграрної сфери України, а надійне та ефективне її функціонування є необхідною умовою високих і стійких темпів техніко-економічного зростання нашої держави, забезпечення сировиною промисловості, підвищення якості життя населення та забезпечення його продуктами харчування.

Для реалізації завдань з ефективного виробництва продукції тваринництва особливе місце займає годівля повноцінними кормовими сумішами. Існуючі засоби для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) характеризуються різноманітністю конструкцій як самих машин, так і окремих механізмів, що суттєво впливає на їх надійність та ефективність використання.

Ефективне використання ЗПРК – це стійка тенденція технології годівлі худоби на сучасних фермах [8, 25] за великого розмаїття типів, модифікацій, виконань зазначених машин. Лише на європейському ринку техніку для тваринництва, включаючи ЗПРК, представляють близько 30 фірм-виробників із загальним щорічним збутом понад 10 тисяч одиниць машин та обладнання [25].

В останні роки в Україні виробництвом сучасних ЗПРК займається цілий ряд машинобудівних підприємств [6, 25]: ТДВ «Брацлав» [26], ТОВ «Демі-мікс-Україна» [27], ТОВ «Уманьфермаш» [28] та ПАТ «Галещина Машзавод» [29].

Проблема дослідження надійності та ефективності сучасних сільськогосподарської техніки є багатоаспектною та багатогранною, оскільки включає питання їх формування та розвитку, модернізації та інноваційного розвитку, безпосереднього наповнення змісту структури та сукупності процесів, що вони забезпечують [1, 11, 18].

Як показує аналіз літературних джерел, для визначення критеріїв і факторів ефективної експлуатації ЗПРК необхідний новий науковий підхід у дослідженнях, який дає можливість реалізувати надійність машини, адекватно реагувати на поведінку людини-оператора [12, 16, 23], оперативно враховувати зміни зовнішнього середовища, впливати на формування зоотехнічних вимог кормової суміші [5, 11, 21].

Незважаючи на те, що в тваринництві України використовуються різні технології приготування і роздавання кормів, а відповідно різні ЗПРК для їх реалізації, великі аграрні холдинги та компанії використовують машини іноземного виробництва, переважно Seko, Marmix, De Laval, SilokingSporti, Walker, Tatoma та багато інших [6, 25]. Але поряд з великою кількістю заводів-виробників та цілою гаммою сучасних ЗПРК іноземного виробництва, споживачів сільськогосподарської техніки цікавить питання їх обґрунтованого вибору, ефективного і надійного використання, сервісного обслуговування та підтримання працездатності [17, 19, 22].

Як показує аналіз ДСТУ [13, 14], Програма забезпечення надійності (ПЗН) сільськогосподарської техніки повинна передбачати забезпечення основних її властивостей і показників на етапах проектування, виробництва та експлуатації. Разом з тим є цілий ряд положень та науково-практичних підходів, які ще не реалізовані в повній мірі або ж недостатньо розглядалися ПЗН сільськогосподарської техніки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В наукових статтях останніх років визначився комплекс досліджень, який включає удосконалення конструкції та підвищення ефективності використання ЗПРК [1, 7, 15], вивчення технологічних та технічних передумов приготування кормів [8, 18]. Заслужує на увагу ряд наукових статей, що присвячені моніторингу показників надійності сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів на основі вивчення досвіду зарубіжних компаній [6, 25] та моніторингу статистичної інформації про забезпеченість аграрних підприємств машинами та обладнанням для тваринництва [17, 25].

Відомий цілий рід досліджень, що направлені на формування надійності машин та обладнання для тваринництва, як складних біотехнічних систем [18], включаючи складні технічні системи (СТС) «Людина-Машина» («ЛМ») [9, 12], «Людина-Машина-Середовище» («ЛМС») [9, 18] та «Людина-Машина-Тварина» («ЛМТ») [2, 16].

Особливе значення в роботах, що присвячені оцінці та забезпеченню надійності СТС «ЛМ», «ЛМТ», «ЛМС» займає оцінка впливу складової «людина-оператор» на надійність СТС [2, 9, 16].

Для забезпечення ефективності експлуатації та надійності ЗПРК були розроблені логіко-імовірнісні [5, 21] та логіко-імітаційні моделі надійності систем [2, 23].

В цьому аспекті слід також звернути увагу на дослідження, що присвячені вивченню впливу експлуатаційних факторів на технічний стан ЗПРК [19, 24], на ефективність та надійність їх експлуатації [11, 17].

В окремих публікаціях автори пропонують з метою забезпечення показників надійності машин використати результати детального аналізу та синтезу керівних матеріалів на використання машин, включаючи конструкторську, експлуатаційну та ремонтну документацію [6, 22, 24].

Постановка завдання. Метою проведення досліджень є формування ПЗН сільськогосподарської техніки за рахунок заходів керування надійністю.

Виклад основного матеріалу. Програма забезпечення надійності є важливим документом в машинобудуванні та інженерії, що входить до державних стандартів України [13, 14]. ПЗН встановлює комплекс взаємообумовлених організаційно-технічних вимог та заходів, які необхідно проводити на відповідних етапах життєвого

циклу об'єкта дослідження і спрямовані на забезпечення заданих вимог щодо надійності та підвищення надійності [13, 14].

Керування надійністю, згідно ДСТУ [14], передбачає собою цілеспрямовану діяльність щодо обґрунтування, планування, забезпечення, підвищення та підтримки характеристик безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збереженості об'єктів дослідження.

Разом з тим, аналіз ПЗН показує, що є цілий ряд положень та науково-практичних підходів, які ще не реалізовані в повній мірі або ж недостатньо розглядались при реалізації заходів забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Слід зазначити, що реалізація заходів забезпечення надійності у форматі ПЗН є актуальною для більшості видів машин та обладнання агропромислового комплексу, включаючи ЗПРК.

Аналіз надійності ЗПРК за результатами формування ПЗН повинен включати наступні етапи [13]: на стадії проектування та розробки; на стадії виготовлення та встановлення; на стадії експлуатації та обслуговування. Науковий і практичний інтерес представляє найбільш відповідальний, третій етап, який передбачає аналіз надійності ЗПРК на стадії експлуатації та обслуговування. Згідно ДСТУ [13, 14] для реалізації ПЗН ЗПРК передбачено виконання наступних етапів робіт щодо аналізу та забезпечення надійності на стадії експлуатації та обслуговування. Аналіз:

- наявності та повноти ПЗН та керівних документів на експлуатацію об'єктів;
- дотримання правил і режимів експлуатації;
- організації системи збирання інформації про надійність об'єкта, складових частин і комплектуючих елементів;
- системи технічного обслуговування та ремонту (СТОР);
- достатності ЗІП (запасних частин, інструментів, приладів);
- функціонування засобів автоматизованого контролю та технічної документації;
- ефективності досліджень причин відмов відремонтованих об'єктів;
- методики навчання персоналу правилам забезпечення надійності в процесі експлуатації та під час проведення ремонту і технічного обслуговування.

Нами проведено аналіз наукових робіт та окремих досліджень, що направлені на оцінку технічного стану машин [19, 22], забезпечення надійності [3, 6, 11], формування ПЗН ЗПРК. Важливе значення для реалізації ПЗН ЗПРК має проведення детального аналізу зазначених етапів стадії експлуатації та обслуговування, та формування основних складових, які є визначальними для керування надійністю.

Основою Програми забезпечення надійності ЗПРК є безпосередньо сформована ПЗН та керівні матеріали на експлуатацію об'єкту дослідження.

Організація системи збирання інформації про надійність ЗПРК, складових частин і комплектуючих елементів повинна включати: встановлення основних показників, за якими проводяться випробування на надійність; призначення планів випробувань на надійність; встановлення достовірності інформації про показники надійності.

До складу комплексу ЗІП входять складальні одиниці, блоки та агрегати, які необхідні для підтримання та відновлення справності та працездатності ЗПРК при технічному обслуговуванні та ремонті. Достатність ЗІП ЗПРК може бути оцінена за наступних умов: при вивченні нормативно-технічної документації; аналізі протоколів випробувань; виходячи з досвіду експлуатації.

Методики навчання персоналу правилам забезпечення надійності включають наступні складові: майстер-класи для операторів машин та слюсарів-ремонтників;

програми підвищення кваліфікації операторів машин та слюсарів-ремонтників; встановлення професійно важливих якостей для працівників.

Оцінка ефективності досліджень причин відмов відремонтованих об'єктів передбачає: встановлення причин виникнення відмов; розподіл відмов за групами складності; визначення трудомісткості усунення відмов.

Система технічного обслуговування і ремонту включає: встановлення періодичності технічного обслуговування і ремонту; розробку схем монтажу-демонтажу деталей та вузлів; розробку маршрутних та операційних карт відновлення працездатності деталей та ремонту агрегатів.

Оцінка наявності та особливостей функціонування автоматизованого контролю та нормативно-технічної документації передбачає інформацію: про можливості діагностування об'єктів дослідження; критерії технічного стану механізмів і вузлів ЗПРК.

Важливим також є етап дотримання правил і режимів експлуатації машини, який включає отримання наступної інформації: про режими введення в експлуатацію та обкатку; вимоги щодо зберігання.

Результатом проведеного аналізу є представлена на рис. 1. Схема реалізації Програми забезпечення надійності засобу для приготування і роздавання кормів. При формуванні ПЗН повинні бути реалізовані складові (рис. 1), які є визначальними для керування надійністю ЗПРК. Необхідно звернути увагу на те, що для ЗПРК, представлені етапи супроводжуються науковими роботами автора представленої статті.

Але слід зазначити, що представлені етапи ПЗН ЗПРК, потребують детального вивчення та аналізу, порівняння та співставлення, теоретичних та експериментальних досліджень для забезпечення надійності. Адже ЗПРК вітчизняного та іноземного виробництва постійно удосконалюються: змінюється їх конструкції; покращуються їх технічні характеристики, зростають вимоги споживачів.

Для вирішення задекларованих ПЗН ЗПРК питань необхідно провести дослідження експлуатаційної надійності ЗПРК як складних технічних систем (ЕН ЗПРК СТС) з використанням кількісних методів: схеми функціональної цілісності; структурних блок-схем надійності [17]; дерева відмов [4, 20]; логіко-імовірнісних моделей надійності [5, 21]; графа станів та переходів [2, 9, 23]; прогнозування надійності [9, 12]; схеми експертної оцінки [16]. За рахунок використання кількісних методів дослідження експлуатаційної надійності ЗПРК як складних технічних систем є можливість комплексного вирішення проблеми їх ефективного використання та підтримання працездатності.

Для реалізації ПЗН необхідно звернути увагу на організацію системи збирання інформації про надійність ЗПРК, включаючи випробування на надійність. Зазначена складова є проблемною, потребує детального вивчення, може бути підсилена інформацією з протоколів випробувань заводів-виробників, сервісних центрів, агрофірм.

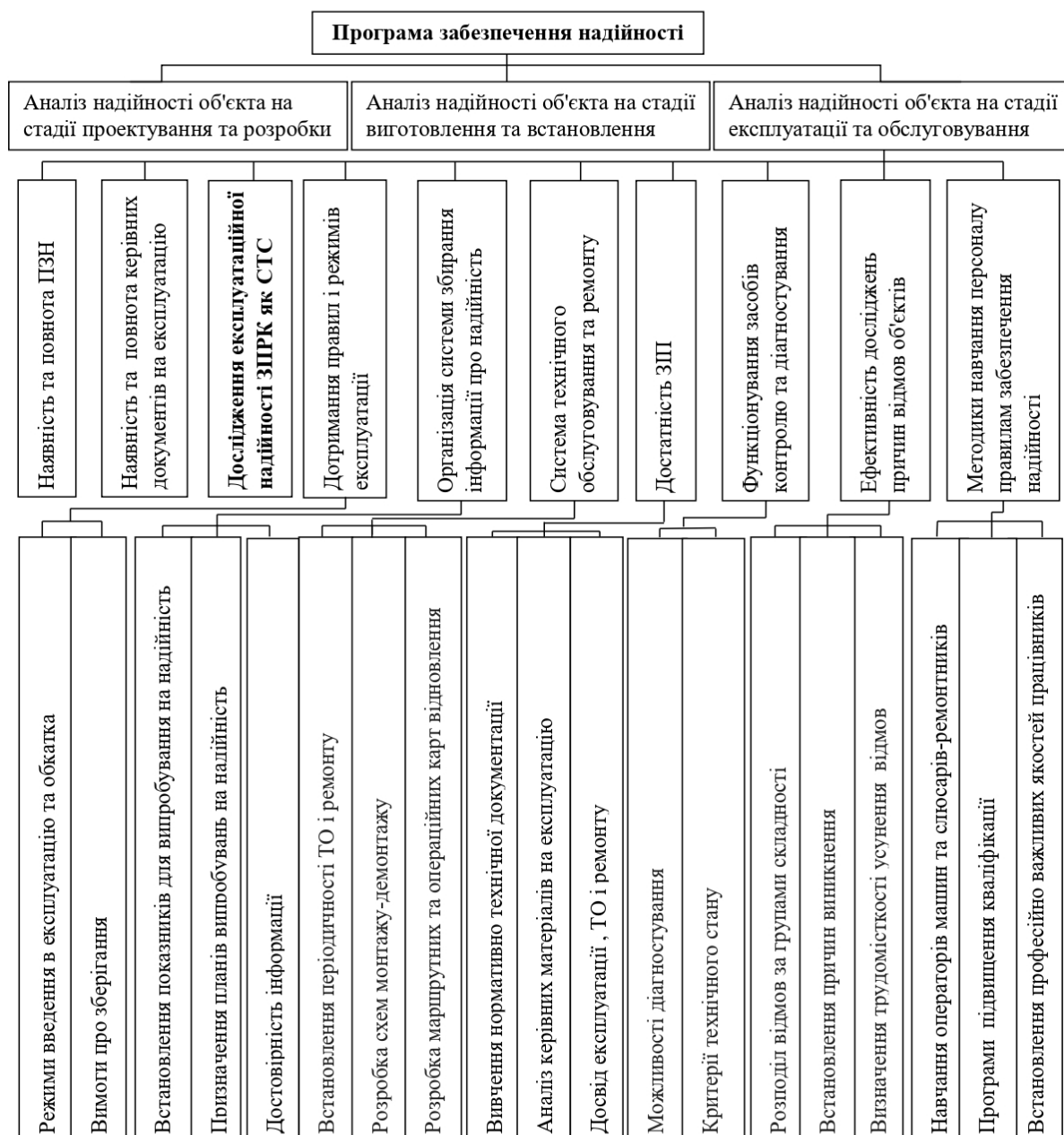


Рисунок 1 – Програма забезпечення надійності засобу для приготування і роздавання кормів
Джерело: розроблено автором

ПЗН ЗПРК передбачає аналіз наявності та особливостей функціонування автоматизованого контролю технічного стану об'єкту дослідження. Важливими і актуальними в напрямі забезпечення надійності ЗПРК як складних технічних систем, могли б бути наукові роботи, в яких досліджувались аспекти інформаційного забезпечення складної сільськогосподарської техніки, та відповідність інженерно-психологічним вимог до машин. В цьому контексті, перспективними є дослідження інженерно-психологічних вимог до механізмів ЗПРК: до засобів відображення інформації; до органів керування; до побудови системи відображення і виведення інформації [3, 6].



Рисунок 2 – Методи дослідження експлуатаційної надійності ЗПРК як складних технічних систем

Джерело: розроблено автором

Широкі перспективи для реалізації ПЗН ЗПРК має використання систем телеметрії. З 2021 року в базовій комплектації сільськогосподарських машин компанії KUNN встановлена система телеметрії [30]. Система телеметрії – це сучасне технологічне рішення, за допомогою якого аграрії можуть отримати інформацію про маршрути виконання технологічних операцій та години роботи агрегату, звіти про виконану роботу за певний період часу та за сезон, рекомендації щодо технічного обслуговування та заміну робочих органів. Зазначена опція дає можливість отримувати корисну інформацію про стан сільськогосподарської техніки та її напрацювання.

Слід звернути також увагу на той факт, що в багатьох керівних матеріалах на експлуатацію ЗПРК [24] відсутня інформація про підготовку персоналу який займається їх монтажем та експлуатацією, технічним обслуговуванням та ремонтом, зберіганням та утилізацією. ПЗН ЗПРК передбачена розробка методичних підходів до навчання операторів машин, слюсарів сервісної служби та слюсарів-ремонтників правилам забезпечення надійності машин. Саме зазначена складова ПЗН ЗПРК отримала детальне вивчення в наукових статтях [9, 12], в яких підтверджена її актуальність та необхідність подальшого дослідження та впровадження.

Висновки. Розвиток техніки і технологій, складність взаємозв'язків технічних об'єктів, вплив людського фактору викликають необхідність розробки науково-обґрунтованих принципів і єдиних підходів для формування Програми забезпечення надійності ЗПРК.

1. Підтверджена актуальність використання наукового підходу до формування ПЗН ЗПРК.

2. Встановлено, що для окремих керівних матеріалів на експлуатацію ЗПРК відсутня інформація про показники надійності та критерії граничного стану робочих органів.

3. Резервом забезпечення надійності ЗПРК є методична підготовка персоналу який займається їх монтажем та експлуатацією, технічним обслуговуванням та ремонтом.

4. Потребує детального вивчення організація системи збирання інформації про надійність ЗПРК, включаючи випробування на надійність.

5. Перспективним для реалізації ПЗН ЗПРК є використання систем телеметрії для отримання інформації про стан сільськогосподарської техніки та її напруження.

6. Доцільно в межах реалізації ПЗН ЗПРК забезпечити організацію зворотного зв'язку з етапами проектування та виготовлення.

Список літератури

1. Aulin V., Hrynkiv A., Lyashuk O., Vovk Y., Lysenko S., Holub D., Zamota T., Pankov A., Sokol M., Ratynskiy V., Lavrentieva O., (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.
2. Boyko A., Novitskiy A. Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & Energetics . Journal of Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 3. 271. P. 165–174.
3. Novitskiy A., Karabinshos 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. Novitskiy Andriy, Bannyi Oleksandr. Аналіз надійності засобів для приготування і роздавання кормів методом дерева відмов. *MOTROL*. Lublin. 2011. Vol. 13B. P. 117–123.
5. Novitskiy Andriy, Bannyi Oleksandr. Логико – вероятностные модели надёжности сложной техники *MOTROL*. Lublin. 2012. Vol. 14. No P. 184 –190.
6. Novitskiy Andriy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL*. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 123–128.
7. 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. pp. 122–131.
8. 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, pp. 778–783.
9. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. *Engineering for rural development*. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917. <https://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2022/Papers/TF288.pdf>.
10. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. *Вісник Інженерної Академії України*. 2016. №3. С. 156–162.
11. Бойко А. І., Новицький А. В. Сучасні проблеми забезпечення надійності машин для приготування і роздавання кормів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка*. 2010. Вип. 100. С. 119–126.
12. Бойко А. І., Новицький А. В., Банний О. О. Оцінка надійності системи «людина-машина» в умовах зниження рівня її працездатності й удосконаленні складової «людина-оператор». *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2013. Вип. 43, ч. II. С. 32–38.
13. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Видання офіційне. Держстандарт України. Київ. 16 с.
14. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. (2863-94).
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. Новицький 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. Технические науки. Иваново. 2014. Том 3. С. 63–67.
17. Новицький А. В. Дослідження динаміки зміни показників надійності засобів для приготування і роздачі кормів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2016. Вип. 241. С. 334–338.
18. Новицький 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.
19. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.
 20. Новицький А. В., Кропивко С. В. Оцінка надійності системи приготування та роздавання кормів «людина-машина-середовище» методом дерева відмов. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2011. Вип. 166. Ч. 2. С. 179–186.
 21. 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*. 2016. Вип. 10(2). С. 137 – 141.
 22. 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.
 23. Новицький А. В., Ружи́ло З. В. Визначення функції готовності систем «людина – машина» при зростанні інтенсивностей відмов. *Machinery & energetics. Journal of Production Research*. 2019. Vol. 10. No. 2. P. 89–96.
 24. Новицький А. В., Харківський І. С., Новицький Ю. А. Моніторинг технічного стану сільськогосподарської техніки за керівними матеріалами на її експлуатацію. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2021. Vol. 12, No 4. P. 85–93.
 25. Новицький А.В., Банний О.О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2020. Vol. 11, No 2. P. 115–124.
 26. Кормозмішувач «Брацлав». URL: <https://bratslav.com/nasha-produkcija/kormosmesitel-braclav>. (дата звернення 01.08.2022).
 27. Кормозмішувачі-для-тваринництва. URL: <https://demi-mix.com.ua/product-category/Кормозмішувачі-для-тваринництва>. (дата звернення 01.08.2022).
 28. Уманьферммаш. URL: <https://fermmash.in.ua/product/razmotchik-rulonov-tr-1>. (дата звернення 29.07.2022).
 29. Кормосмесители. URL: <https://galmash.com.ua/catalog/kormosmesiteli>. (дата звернення 29.07.2022).
 30. Плуги KUHN Multi-Leader тепер з телеметрією в базовій комплектації. URL: <http://milkua.info/uk/post/plugi-kuhn-multi-leader-teper-z-telemetry-v-bazovij-komplektacii>. (дата звернення 29.07.2022).

References

1. Aulin, V., Hryniv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D., Zamota, T., Pankov, A., Sokol, M., Ratynskiy, V. & Lavrentieva, O. (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].
2. Boyko, A. & Novitskiy, A. (2018). Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & Energetics . Journal of Production Research*. Vol. 9. No. 3. 271. P. 165–174 [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. Novitskiy, Andriy & Bannyi, Oleksandr. (2011). Analiz nadiinosti zasobiv dla pryhotuvannia i rozdavannia kormiv metodom dereva vidmov. *MOTROL. Lublin. Vol. 13B. R.* 117–123 [in English].
5. Novitskiy, Andriy & Bannyi, Oleksandr. (2012). Lohyko – veroiatnostnyye modely nadězhnosti slozhnoi tekhniky *MOTROL. Lublin. Vol. 14. No R.* 184 –190 [in English].
6. Novitskiy, Andriy (2017). Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Lublin. Vol. 19. No 3. R.* 123–128 [in English].
7. 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)*. Karaganda. p. 122–131 [in English].
8. Vasyly, Khmelovskiy, Volodymyr, Otchenashko, Semen, Voloshyn & Olena, Pinchevska, (2020). 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, pp. 778–783 [in English].
9. Zinoviy, Ruzhylo, Andriy, Novitskii, Dmytro, Milko, Volodymyr, Bulgakov, Ivan, Beloev & Adolfs Rucins. (2022). Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. *Engineering for rural development*. 25-27.05.2022 Jelgava, rr. 911-917. Retrieved from <https://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2022/Papers/TF288.pdf> [in English].
 10. Aulin, V.V., Holub, D.V. & Hrynkiv, A.V. (2016). Stupin zabezpechennia nadiinosti ta yakosti pasazhyrskykh i vantazhnykh avtomobilnykh perevezen v Ukraini natsionalnymi ta mizhnarodnymi standartamy [The degree of ensuring the reliability and quality of passenger and cargo road transportation in Ukraine by national and international standards]. *Visnyk Inzhenernoi Akademii Ukrainy - Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine*, 3. 156–162 [in Ukrainian].
 11. Boiko, A.I. & Novytskyi, A.V. (2010). Suchasni problemy zabezpechennia nadiinosti mashyn dlia pryhotuvannia i rozdavannia kormiv [Modern problems of ensuring the reliability of machines for preparing and distributing fodder]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka – Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, Issue 100*, 119–126. [in Ukrainian].
 12. Boiko, A.I., Novytskyi, A.V. & Bannyi, O.O. (2013). Otsinka nadiinosti systemy «liudyna-mashyna» v umovakh znyzhennia rinvnia yii pratsездatnosti y udoskonalenni skladovoi «liudyna-operator» [Assessment of the reliability of the "man-machine" system in the conditions of a decrease in its efficiency and improvement of the "man-operator" component]. *Konstruiuvannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija sil'skohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Issue. 43, part. II*, 32–38 [in Ukrainian].
 13. Nadiinist tekhniky. Analiz nadiinosti. Osnovni polozhennia. Vydannia ofitsiine. [Reliability of equipment. Reliability analysis. Substantive provisions. The publication is official.] . (1994). *DSTU 2861-94*. Derzhstandart Ukrainy. Kyiv [in Ukrainian].
 14. Nadiinist tekhniky. Prohrama zabezpechennia nadiinosti. Zahalni vymohy [Reliability of equipment. Reliability program. general requirements]. *DSTU 2863-94*. Derzhstandart Ukrainy. Kyiv [in Ukrainian].
 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 ahrarnoho universytetu. Serii: mekhanizatsiia i avtomatyzatsiia vyrobnychych protsesiv – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes, Issue 10/2 (30)*, 107–111 [in Ukrainian].
 16. Novickij, A.V., Mel'nik, V.I. & Bilous, M.S. (2014). Formirovanie professional'no vazhnykh kachestv inzhenerno-tehnicheskogo personala pri obsluzhivanii sel'skohozajstvennoj tehniky [Formation of professionally important qualities of engineering and technical personnel in the maintenance of agricultural machinery]. *Sbornik nauchnykh trudov SWorld, (18 – 30 Marta). Tehnicheskie nauki – Collection of scientific papers SWorld. Technical science, Vol. 3*, 63–67 [in Russian].
 17. Novytskyi, A.V. (2016). Doslidzhennia dynamiky zminy pokaznykiv nadiinosti zasobiv dlia pryhotuvannia i rozdachi kormiv [Study of the dynamics of changes in the reliability indicators of means for the preparation and distribution of fodder]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: tekhnika ta enerhetyka APK – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: agricultural machinery and energy, Issue. 241*, 334–338[in Ukrainian].
 18. Novytskyi, A.V. (2016). Ohliad teoretychnykh doslidzen 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. Serii: tekhnika ta enerhetyka APK – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: agricultural machinery and energy, Issue 254, part. 3*, 221–335[in Ukrainian].
 19. Novytskyi, A.V., Bannyi, O.O. & Bystryi, O.M. (2021). Doslidzhennia vplyvu ekspluatatsiinykh faktoriv na tekhnichniy 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. No 4, R.* 39–46 [in Ukrainian].
 20. Novytskyi, A.V. & Kropyvko, S.V. (2011). Otsinka nadiinosti systemy pryhotuvannia ta rozdavannia kormiv «liudyna-mashyna-seredovyshche» metodom dereva vidmov [Evaluation of the reliability of the "man-machine-environment" feed preparation and distribution system using the failure tree method]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: tekhnika ta enerhetyka APK – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: agricultural machinery and energy, Issue 166, part. 2*, 179–186 [in Ukrainian].

21. Novytskyi, A.V. & Novytskyi, Yu.A. (2016). 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 ahrarnoho universytetu: Serii: mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkh protsesiv – Bulletin of the Sumy National Agrarian University: Series: mechanization and automation of production processes, Issue 10(2)*, 137 – 141 [in Ukrainian].
22. Novytskyi, A.V. & Novytskyi, Yu.A. (2017). Tekhnichna otsinka spozhyvchikh yakosti silskohospodarskoi tekhniki [Technical assessment of consumer qualities of agricultural machinery]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: 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 (2017)*, 293–303 [in Ukrainian].
23. Novytskyi, A.V. & Ruzhylo, Z.V. (2019). Vyznachennia funktsii hotovnosti system «liudyna – mashyna» pry zrostanti intensyvnopei vidmov [Determining the readiness function of "man-machine" systems with increasing failure intensities]. *Machinery & energetics. Journal of Production Research, Vol. 10, No. 2*, R. 89–96 [in Ukrainian].
24. Novytskyi, A.V., Kharkovskyi, I.S. & Novytskyi, Yu.A. (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*, R. 85–93 [in Ukrainian].
25. Novytskyi, A.V. & Bannyi, O.O. (2020). Nadiinist silskohospodarskoi tekhniki 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, No 2*, R. 115–124 [in Ukrainian].
26. Kormozmishuvach «Bratslav» [Feed mixer "Bratslav"]. *bratslav.com*. Retrieved from <https://bratslav.com/nasha-produkcija/kormosmesitel-bratslav> [in Ukrainian].
27. Kormozmishuvachi-dlia-tvarynnystva [Feed mixers for animal husbandry]. *demi-mix.com.ua*. Retrieved from <https://demi-mix.com.ua/product-category/Kormozmishuvachi-dlia-tvarynnystva> [in Ukrainian].
28. Umanfermmash [Umanfermmash]. *fermmash.in.ua* Retrieved from <https://fermmash.in.ua/product/razmotchik-rulonov-rr-1> [in Ukrainian].
29. Kormosmesytely [Fodder mixers]. *galmash.com.ua*. Retrieved from <https://galmash.com.ua/catalog/kormosmesiteli> [in Ukrainian].
30. Pluhy KUHN Multi-Leader teper z telemetriieiu v bazovii komplektatsii [KUHN Multi-Leader plows now come with telemetry as standard equipment]. *milku.info*. Retrieved from <http://milku.info/uk/post/plugi-kuhn-multi-leader-teper-z-telemetriieiu-v-bazovij-komplektacii> [in Ukrainian].

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

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

Methodological Approaches to the Formation of the Program for Ensuring the Reliability of Agricultural Equipment

Modern trends in agriculture involve the use of the latest reliable equipment. The specified requirements are met by samples of equipment manufactured by well-known global and domestic machine-building plants. A part of the agricultural machinery market of Ukraine is occupied by means for preparing and distributing fodder. The effectiveness of the use of agricultural machinery depends on the existing regulatory and technical documentation for its operation and measures to ensure reliability.

The purpose of the research is to increase the efficiency of the operation of agricultural machinery due to the formation and implementation of the Program for ensuring its reliability.

The stages of the Program for ensuring the reliability of means for preparing and distributing fodder at the stage of operation and maintenance are presented. The main components of the implementation stages of the Reliability Assurance Program have been established. The need to study the operational reliability of machines as complex technical systems using quantitative calculation methods is confirmed. Recommendations for increasing the reliability of means for preparing and distributing fodder are defined: training of personnel engaged in their installation and operation, maintenance and repair; organization of the reliability information collection system; maintenance and repair system provision; research into the causes of failures of repaired objects; functioning of the automated control of the facility's technical condition.

reliability program, operational reliability, means for preparing and distributing feed, guidance materials

Одержано (Received) 06.09.2022

Прорецензовано (Reviewed) 17.09.2022

Прийнято до друку (Approved) 26.09.2022