

ТАВРІЙСЬКА ДЕРЖАВНА АГРОТЕХНІЧНА АКАДЕМІЯ

Болтянська Наталія Іванівна

УДК 631.373.004.12:636

**Забезпечення надійності машин
і обладнання у тваринництві
підвищенням точності прогнозування
запасних частин**

Спеціальність 05.05.11 — машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Мелітополь — 2005

Дисертацією є рукопис.

Дисертація виконана в Таврійській державній агротехнічній академії (ТДАТА),
Міністерства аграрної політики України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Скляр Олександр Григорович,
Таврійська державна агротехнічна академія,
декан факультету МСГ, м. Мелітополь

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Полянський Олександр Сергійович,
Харківський державний автомобільно-дорожній технічний університет, м. Харків

кандидат технічних наук, доцент
Харченко Борис Григорович,
Дніпропетровський державний аграрний університет,
м. Дніпропетровськ

Провідна установа: Національний науковий центр „Інститут
Механізації і електрифікації сільського господарства”,
Українська академія аграрних наук,
с.м.т. Глеваха, Васильківський район, Київська область

Захист дисертації відбудеться «___»_____2005 р. о ___ годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради **К 18.819.01** Таврійської державної агротехніч-
ної академії за адресою: 72312 Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького,
18, навчальний корпус 1, конференцзал.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ТДАТА за адресою: 72312 За-
порізька обл., м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18.

Автореферат розісланий «___»_____2005 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради К.18.819.01
кандидат технічних наук, професор _____ **В.Т. Діордієв**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проведення реформ і стан економіки України нерозривно пов'язані зі станом її аграрного сектору. З настанням кризового періоду, який триває й досі, загальний обсяг продукції сільського господарства значно зменшився, машинний парк майже не поновлюється, засоби механізації тваринницьких ферм фізично зносилися і морально застаріли, їх подальше використання не забезпечує виробництва конкурентоспроможної продукції.

Найближчим часом різке збільшення обсягів випуску та реалізації сільськогосподарської техніки нереальне. В цих умовах першорядного значення набуває підвищення якості і надійності техніки, а також ефективності її експлуатації. Низький рівень технічного обслуговування та ремонту, незадовільна їх організація, відсутність достатньої кількості запасних частин є основними причинами зниження ефективності використання машин. Найважливішою умовою підвищення ефективності виробництва продукції тваринництва є безвідмовна робота виробничого циклу. Цим зумовлена потреба забезпечення належної їх надійності. Згідно розробленої нами **гіпотези** передбачалось, що прогнозування кількісного і номенклатурного складу запасних частин може забезпечити підвищення експлуатаційної надійності машин і обладнання тваринництва. Машини та обладнання на фермах функціонують багаторазово й у визначені періоди часу. Оскільки їх відмови крім грошових і матеріальних збитків призводять до великих втрат продукції, до їх надійності ставлять жорсткі вимоги: машини й обладнання до початку роботи мають бути готові і безвідмовно працювати протягом планованого безперервного циклу. У разі відмови працездатність обладнання має бути відновлена якомога швидше, щоб збиток був мінімальним. Тому належне забезпечення тваринницької техніки запасними частинами є **актуальним** і одним з першочергових завдань, пов'язаних із підвищенням її надійності та ефективності використання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до розробленої низкою міністерств і УААН «Національної програми розвитку сільськогосподарського виробництва і відродження села до 2005 року», схваленої постановою Кабінету Міністрів України № 536 від 16 вересня 1992 р. Розробляється «Національна система машин», концепція якої ґрунтується на підвищенні якості продукції, забезпеченні ресурсо- й енергозбереження, охорони навколишнього середовища і яка є складовою частиною теми досліджень факультету механізації сільського господарства Таврійської державної агротехнічної академії «1.2. Розробка енергозберігаючих та екологічно чистих технологій і засобів механізації виробництва продукції тваринництва», номер державної реєстрації 0102U000677 програми «Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки південного району України.»

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є розробка системного підходу і практичних рекомендацій, спрямованих на підвищення експлуатаційної надійності машин і обладнання тваринництва шляхом урахування розсіювання гамма-відсоткового ресурсу в процесі їх експлуатації.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі **задачі** :

- вивчити й уточнити номенклатуру відмов машин під час експлуатації, встановити частку кожної з них у загальному числі відмов, розробити класифікацію запасних частин за законами розподілу ресурсу;
- розробити методику визначення потреби в запасних частинах для машин і обладнання тваринницьких ферм з урахуванням закону розподілу ресурсу їхніх вузлів і деталей, яка б забезпечувала заданий рівень надійності;
- обґрунтувати коефіцієнт потреби в запасних частинах залежно від вимог до надійності машин у процесі експлуатації та коефіцієнт для визначення гамма-відсоткового ресурсу; розробити алгоритм розрахунку на ПЕОМ;
- перевірити експериментально розроблену методику і визначити економічну ефективність від її впровадження.

Об'єкт досліджень — процес експлуатації машин і обладнання у тваринництві, що призводить до виникнення дефектів та відмов і визначає завдання прогнозування кількісного й номенклатурного складу запасних частин для підвищення експлуатаційної надійності.

Предмет досліджень — закономірності зміни технічного стану машин і обладнання тваринництва, що впливають на витрати запасних частин у процесі експлуатації.

Методи досліджень. В основу теоретичних досліджень покладено математичну статистику, за допомогою якої проведена обробка статистичних даних, теорію надійності, теорію ймовірності і математичне моделювання, які сприяли більш поглибленій розробці математичної моделі для визначення потреби в запасних частинах. Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням ПЕОМ.

Наукова новизна отриманих результатів:

- теоретично обґрунтовано математичну модель, яка з урахуванням кількості однойменних деталей на одній машині, кількості однакових машин, закону розподілу вузлів і деталей та його параметрів, ймовірності безвідмовної роботи, а також часу прогнозу, поданого у частках гамма-відсоткового ресурсу, дає змогу гарантувати достатність кількості запасних частин для машин і обладнання у тваринництві;
- дістало подальшого розвитку обґрунтування коефіцієнта потреби в запасних частинах залежно від відносного часу прогнозу та коефіцієнта варіації нормального розподілу і параметра форми розподілу Вейбулла, за допомогою якого можна визначити потребу в запасних частинах у будь-якому інтервалі напрацювання;
- вперше обґрунтовано коефіцієнт для визначення гамма-відсоткового ресурсу, виведено залежність його від коефіцієнта варіації нормального розподілу і параметра форми розподілу Вейбулла за різних значень ймовірності безвідмовної роботи;
- вперше отримано залежність ймовірності безвідмовної роботи від довірчої ймовірності, розміру вибірки і коефіцієнта варіації нормального розподілу та параметра форми розподілу Вейбулла, що дає змогу визначити необхідну ймовірність безвідмовної роботи, яку треба задавати при прогнозуванні потреби в запасних частинах.

Практичне значення отриманих результатів:

- виведено розрахункові формули з визначення потреби в запасних частинах для найбільш поширених закономірностей розподілу ресурсу вузлів і деталей тваринницької техніки за одночасного й почергового варіантів введення її в експлуатацію;

- доведено, що використання гамма-відсоткового ресурсу замість середнього дає змогу з відповідною ймовірністю гарантувати достатню кількість запасних частин для усієї генеральної сукупності досліджуваних виробів, у тім числі з найгіршими умовами експлуатації;

- розроблено алгоритм та програмну реалізацію розрахунку на персональному комп'ютері, а також номограми для визначення потреби в запасних частинах при розподілі ресурсу вузлів і деталей за законами нормальним і Вейбулла;

- за результатами досліджень експлуатаційної надійності обладнання кормоцеху «Хортиця» визначено показники його безвідмовності та ремонтпридатності, а також закономірності розподілу ресурсу основних вузлів і деталей, їх параметри, на основі яких за розробленою методикою розраховано потребу в запасних частинах.

Розроблену методику визначення потреби в запасних частинах передано для використання у ВАТ «Сільмаш» м. Гуляйполе Запорізької області, впроваджено у приватному підприємстві «Могучий» Мелітопольського району Запорізької області, а теоретичні розробки з визначення потреби в запасних частинах для тваринницької техніки використані в навчальному процесі.

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень авторка отримала самостійно. Постановка мети і задач, їх аналіз виконано спільно з науковим керівником.

Дисертантом особисто:

- обґрунтовано вибір розподілу ресурсу вузлів і деталей машин та обладнання тваринництва при визначенні потреби в запасних частинах [3];

- розроблено методику визначення потреби в запасних частинах машин і обладнання тваринницьких ферм при розподілі ресурсу їхніх складових частин за законами нормальним, Вейбулла та експоненціальним, в якій на відміну від застосування середнього ресурсу використано гамма-відсотковий ресурс, що гарантує з певною ймовірністю достатню кількість запасних частин;

- для визначення гамма-відсоткового ресурсу запропоновано коефіцієнт гамма-відсоткового ресурсу й отримано його залежність від коефіцієнта варіації нормального розподілу і параметра форми розподілу Вейбулла за різних значень ймовірності безвідмовної роботи;

- досліджено умови для визначення ймовірності безвідмовної роботи, яку треба задавати для розрахунку потреби в запасних частинах; для цього прирівнено гамма-відсотковий ресурс і нижню двобічну інтервальну оцінку середнього ресурсу, що відповідає найгіршим умовам експлуатації машин, й отримано залежність ймовірності безвідмовної роботи від розміру вибірки, довірчої ймовірності та коефіцієнта варіації нормального розподілу і параметра форми розподілу Вейбулла;

- розроблено алгоритм і програмне забезпечення розрахунку кількості запасних частин для ПЕОМ;

- розроблено номограми для визначення потреби в запасних частинах для машин та обладнання при розподілі ресурсу вузлів і деталей за законами нормальним і Вейбулла для тваринництва.

Апробація результатів дисертації. Матеріали основних положень дисертаційної роботи доповідались і були схвалені на: IV міжвузівській науковій конференції аспірантів «Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи», що проходила у Вінницькому державному аграрному університеті з 5 по 7 квітня 2004 р.;

Міжнародній науково-практичній конференції «Енерго- й екологізберігаючі технології у сільськогосподарському виробництві», що відбулася у Кримському державному агротехнічному університеті з 22 по 24 квітня 2004 р.; V Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», що відбулася у Вінницькому державному аграрному університеті з 17 по 20 жовтня 2004 р.; Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи технічного забезпечення агропромислового виробництва», що проходила у Навчально-науковому технічному інституті НАУ з 10 по 11 лютого 2005 р.; конференціях професорсько-викладацького складу Таврійської державної агротехнічної академії, (м. Мелітополь, 2000 – 2005 рр.); науковому семінарі у Національному науковому центрі «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» УААН, що відбувся 31 березня 2005 р.

Публікації. Основні матеріали і положення дисертаційної роботи опубліковані у 7 друкованих працях, з них 6 статей у спеціальних виданнях, затверджених переліком ВАК України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Її обсяг — 216 сторінок машинописного тексту, на 152 з яких викладено основний зміст роботи, що вміщує 32 рисунки, 22 таблиці, 13 додатків. Усього опрацьовано 132 найменування літературних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, зазначено зв'язок з науковими програмами, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, визначено об'єкт, предмет і мету досліджень, сформульовано актуальну наукову проблему — підвищення експлуатаційної надійності машин та обладнання у тваринництві.

У **першому розділі** проаналізовано праці, присвячені визначенню потреби у запасних частинах технічних засобів, у тім числі машин та обладнання в тваринництві.

Питанням визначення потреби у запасних частинах машин та обладнання присвячені дослідження багатьох учених, зокрема С.С. Черепанова, Г.П. Гриневича, С.А. Каменської, В.І. Животко, П.А. Германа, В.М. Колончука, В.Я. Кавалерчика, В.І. Гришана, О.Ф. Пославського, Н.І. Оранського, А.Г. Губіна, М.І. Євтухова, В.В. Бережного, Н.І. Силіної, Б.І. Назарова, А.А. Мельникова, В.В. Костроми, О.С. Полянського, Б.Г. Харченко та ін. Проте в їхніх працях наведено розрахункові формули показників довговічності лише за середнім ресурсом; розподіл ресурсу вузлів і деталей, що позначається на точності визначення потреби в запасних частинах, здебільшого умовно приймали за експоненціальний, як найпростіший; відсутня методика розрахунку потреби в запасних частинах для парку машин різного віку через почерговість введення в експлуатацію засобів механізації; не враховано рівень ймовірності безвідмовної роботи, який гарантує достатність кількості запасних частин для усієї генеральної сукупності досліджуваних виробів, зокрема тих, які експлуатуються в найгірших умовах.

Без зазначених факторів неможливо поліпшити методику розрахунку потреби в запасних частинах (підвищити забезпеченість техніки запасними частинами).

У підсумковій частині сформульовано мету і задачі досліджень.

У **другому розділі** наведено методологію та методику визначення потреби в запасних частинах машин та обладнання у тваринництві.

Відмови машин і обладнання тваринницьких ферм виникають під впливом різних факторів: діючих навантажень, агресивного середовища, несвоєчасного та неякісного технічного обслуговування і ремонту, помилок обслуговуючого персоналу тощо, внаслідок чого деталі і вузли піддаються зношуванню, деформації, втомленості. Оскільки кожен фактор, у свою чергу, залежить від багатьох причин, то відмови елементів тваринницької техніки є випадковими подіями, а тривалість роботи до виникнення відмови — випадковими величинами, що підлягають певним законам розподілу.

Аналіз літературних джерел і практика засвідчують, що при дослідженні надійності технічних засобів для механізації тваринництва найчастіше застосовують нормальний розподіл, розподіл Вейбулла та експоненціальний, які є основою побудови моделей довговічності невідновлюваних виробів (елементів) тваринницької техніки, замінених у разі відмови запасними частинами. Перелічені розподіли охоплюють відповідно поступові зношувальні (нормальний), утомлені (Вейбулла) та раптові (експоненціальний) відмови механічних складних систем, що пройшли період припрацювання, а також систем, які експлуатуються в тяжких умовах під впливом механічних і кліматичних навантажень. Саме вони є основою розробки методики прогнозування потреби у запасних частинах.

Методологія прогнозування потреби у запасних частинах припускає, що машини й обладнання для тваринництва при використанні становлять певний парк технічних засобів окремого господарства, регіону чи країни. Для виконання свого призначення вони постійно мають знаходитись у працездатному стані. Внаслідок різних причин машини й обладнання виходять із ладу, що потребує певних відновлювальних робіт, серед яких значну частину становить заміна вузлів і деталей, що відмовили, запасними частинами. Ці елементи машин, які можна виявити при відмовах, технічному обслуговуванні, планових ремонтах, і які потребують заміни запасними частинами, утворюють потоки ресурсних відмов.

У теорії надійності головним критерієм оцінки працездатності вважається відмова, а при визначенні потреби в запасних частинах аналогічну роль відіграє поняття заміни. Така заміна може бути потрібна не тільки в разі відмови, а й у зв'язку з переходом у граничний стан чи може виконуватися одночасно із заміною інших деталей, а також для запобігання відмові.

При цьому виходимо з низки умов: прогноз потреби в запасних частинах виконують для різних вузлів і деталей, які різняться за функціональним призначенням, найменуванням та місцем установлення; вихідними даними є закономірність розподілу ресурсу вузлів і деталей та його параметри; задають час випередження, на який планується потреба в запасних частинах (час прогнозу); відома кількість встановлених на машині однойменних деталей; відомі кількість працюючих машин та тривалість їх експлуатації; розподіл ресурсу деталей, встановлених на машині, і запасних частин мають однаковий вигляд, і параметри; задають умову, що одночасно можна замінювати довільне число однакових деталей; задають певну ймовірність достатньої кількості запасних частин.

Математична залежність для визначення потреби в запасних частинах має вигляд

$$N_3 = f_1(n_0; n_M; x; y; P(t); t_{\Pi}), \quad (1)$$

де N_3 — потреба в запасних частинах на перспективу, шт.; n_0 — число однакових деталей, встановлених на одній машині, шт.; n_M — число однакових машин, шт.; x, y — параметри розподілу ресурсу вузлів і деталей для двопараметричних розподілів; $P(t)$ — ймовірність, що гарантує достатність запасних частин для усієї генеральної сукупності виробів, %; t_{Π} — час прогнозу в одиницях напрацювання, год.

Для спрощення застосування залежності (1) об'єднаємо усі змінні фактори крім n_0 та n_M у коефіцієнт потреби в запасних частинах K_3 :

$$K_3 = f_2(x; y; P(t); t_{\Pi}). \quad (2)$$

З урахуванням залежності (2) функція (1) набуде вигляду

$$N_3 = f_1(K_3 n_0 n_M). \quad (3)$$

Аналіз виразу (2) показує, що коефіцієнт K_3 містить чотири змінні величини, дві з яких x і y — параметри форми і масштабу двопараметричних розподілів. Наявність кількох параметрів у розглянутих двопараметричних розподілах значно розширює межі їх застосування, але ускладнює використання в розрахунках, пов'язаних із визначенням коефіцієнта K_3 . Це зумовлено обмеженням числа змінних величин у кінцевому рівнянні визначення коефіцієнта K_3 до двох, одне з яких є параметром форми розподілу, а друге — параметром часу, що дає змогу зображати залежність коефіцієнта K_3 від основних змінних величин на площині. Збільшення числа змінних величин понад, призводить до необхідності заміни площинного зображення коефіцієнта K_3 на об'ємне, що небажано у зв'язку зі складністю практичного використання багатовимірного зображення.

Для отримання кінцевих розв'язків і можливості інтерпретації результатів у вигляді графічних залежностей двопараметричні розподіли потребують нормування другого параметра, тобто приведення їх до однопараметричного виду. Час прогнозу t_{Π} передається у частках гамма-відсоткового ресурсу вузлів і деталей t_{γ} , який залежить від ймовірності безвідмовної роботи $P(t_{\gamma})$ і позначається t_B (відносний час прогнозу).

Порядок визначення t_B для розглянутих розподілів наведено в табл. 1.

Для нормального розподілу середній ресурс t_{cp} є параметром форми. Для розподілу Вейбулла середній ресурс розраховують за формулою, наведеною в табл. 1.

Задають поточний час прогнозу t_{Π} , на який визначають потребу в запасних частинах. Він може прийматися рівним часу напрацювання машини за строк служби чи довільно в межах

$$0 < t_{\Pi} < T_M T_{сл}, \quad (4)$$

де $T_M T_{сл}$ — ресурс машини; T_M — середньорічне напрацювання машини, год, $T_{сл}$ — нормативний строк служби машини, роки.

Порядок визначення відносного часу прогнозу t_B

Показник	Розподіл		
	нормальний	Вейбулла	експоненціальний
Параметр форми	t_{cp}	α	λ
Параметр масштабу	σ	b	—
Середній ресурс t_{cp}	t_{cp}	$\alpha^{\frac{1}{2}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$	$\frac{1}{\lambda}$
Гамма-відсотковий ресурс t_γ	$0,5 - 0,5\Phi\left(\frac{t_\gamma - t_{cp}}{\sigma}\right) = \frac{\gamma}{100}$	$\alpha^{\frac{1}{2}} \left(-\ln \frac{\gamma}{100}\right)^{\frac{1}{b}}$	$\frac{1}{\lambda} \left(-\ln \frac{\gamma}{100}\right)$
Відносний час прогнозу t_B	$\frac{t_{II}}{t_\gamma}$	$\frac{t_{II}}{t_\gamma}$	$\frac{t_{II}}{t_\gamma}$

Примітка. $\gamma = P(t)$ — ймовірність безвідмовної роботи, %; $\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$ — гамма-функція Ейлера; λ — інтенсивність відмов; $\Phi(x)$ — інтегральна функція нормального розподілу.

Заданий час прогнозу t_{II} передається у частках гамма-відсоткового ресурсу t_γ , який можна розрахувати за формулами, наведеними в табл. 1, але для спрощення його визначають за залежністю

$$t_\gamma = K_\gamma t_{cp}, \quad (5)$$

де K_γ — коефіцієнт гамма-відсоткового ресурсу.

Графічну залежність коефіцієнта K_γ від коефіцієнта варіації V для нормального розподілу і параметра форми b для розподілу Вейбулла за різних значень ймовірності безвідмовної роботи γ ілюструє рис. 1.

Приведення двопараметричних розподілів до однопараметричного виду (нормування) полягає у штучному способі передачі параметра масштабу через параметр форми розподілу, а поточного часу напруження t_{II} — через середнє значення ресурсу t_{cp} .

Параметри розподілів і співвідношення для розрахунку функції відмов, використані за умови приведення двопараметричних розподілів до однопараметричного виду, наведені в табл. 2.

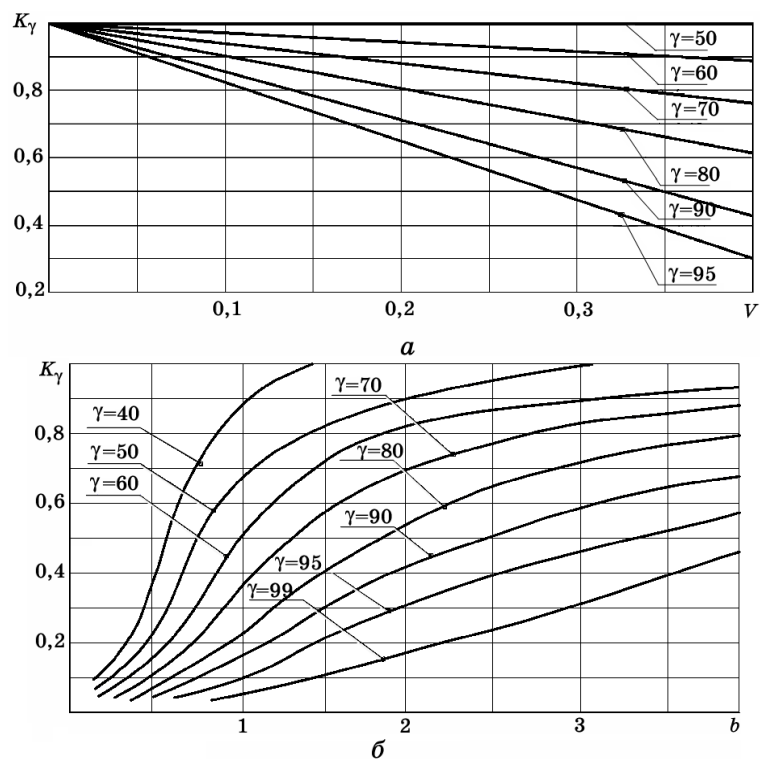


Рис. 1. Залежність коефіцієнта гамма-відсоткового ресурсу K_γ від коефіцієнта варіації V для нормального розподілу (а) і параметра форми b для розподілу Вейбулла (б) за різних значень ймовірності безвідмовної роботи γ

**Співвідношення для розрахунку функції відмов за умови приведення
двопараметричних розподілів нормального
і Вейбулла до однопараметричного виду**

Розподіл	Параметр		Середній ресурс t_{cp}	Функція відмов $F(t_B)$
	форми	масштабу		
Нормальний	$\sigma = V$	t_{cp}	1	$0,5 \left[1 + \Phi \left(\frac{t_0 - 1}{V} \right) \right]$
Вейбулла	b	$\alpha_1 = \left[\frac{1}{\tilde{A} \left(1 + \frac{1}{b} \right)} \right]^b$	1	$1 - \exp \left(- \frac{t_0^b}{\alpha_1} \right)$

Примітка. $t_0 = t/t_{cp}$ — поточний час напрацювання, виражений у частках середнього ресурсу.

Отже, двопараметричні розподіли нормальний з параметрами t_{cp} і σ та Вейбулла з параметрами b і α приведено до однопараметричного виду з відповідними параметрами V і b . Експоненціальний розподіл, як відомо, є окремим випадком розподілу Вейбулла за $b = 1$ і тому не розглядається.

Для визначення коефіцієнта потреби в запасних частинах K_3 використано такий підхід. Якщо побудувати графічну залежність функції відмов $F(t)$ первинно встановленої деталі від напрацювання t і розділити весь діапазон напрацювання на інтервали, то кінцю кожного з них відповідатиме певне значення $F_i(t_i)$, а кожному інтервалу напрацювання $(t_i - t_{i-1})$, де i — номер інтервалу напрацювання, який буде відповідати інтервалу функції відмов $(F_i - F_{i-1})$. При цьому функції замість відповідати функціям відмов.

Отримано аналітичний вираз для розрахунку коефіцієнта потреби в запасних частинах K_3 , який є сумарною функцією замість (першої, другої, третьої і т.д.), кожен з яких можна визначити аналітично з використанням математичного моделювання.

$$K_3 = F_i + \sum_{j=1}^{i-1} \left[(F_{i-j} - F_j + F_1 F_i) (F_{n+1-i} - F_{n-i}) \right] + \sum_{j=1}^{i-2} \left[F_{j+1} (F_{i+1-j} - F_{i-j}) \right], \quad (6)$$

де j — кількість членів багаточлена; n — загальна кількість інтервалів напрацювання.

Розрахункові залежності для визначення функції відмов первинно встановлених деталей для розподілів нормального і Вейбулла наведено в табл. 2.

Розраховані значення коефіцієнта K_3 для нормального розподілу в інтервалі значень коефіцієнта варіації $V = 0,1 \dots 0,4$, а також для розподілу Вейбулла в інтервалі значень параметра форми $b = 0,2 \dots 4,0$. За результатами розрахунків побудовано графічні залежності для розподілів нормального (рис. 5, кв. 8) і Вейбулла (рис. 6, кв. 4). Величина отриманих значень у межах допустимої похибки добре узгоджується з результатами, отриманими іншими авторами.

Аналіз графіків показує, що прямолінійна залежність K_3 від $0 < t_B < \infty$ має місце лише для експоненціального розподілу (за значення параметра форми розподілу Вейбулла $b = 1$). Для розподілу Вейбулла за значення параметра форми $1 < b < \infty$ залежність K_3 від t_B змінюється на криволінійну, відхиляючись від лінії експоненціального розподілу зі збільшенням t_B . Для нормального розподілу прямолінійна залежність коефіцієнта K_3 від t_B має місце тільки в межах $1 < t_B < \infty$, у межах $0 < t_B < \infty$ ця залежність криволінійна.

Запропоновано декілька окремих кінцевих формул для визначення потреби в запасних частинах, які обумовлюють різні випадки експлуатації та умови розрахунків.

Потреба в запасних частинах N_3 на час прогнозу t_{Π} в разі одночасного введення в експлуатацію n_M машин становить

$$N_3 = K_3 n_o n_M, \quad (7)$$

де K_3 — коефіцієнт потреби в запасних частинах на час прогнозу.

При введенні машин в експлуатацію по черзі сумарну потребу в запасних частинах парку технічних засобів з машинами різного віку визначають за формулою

$$N_{3\Sigma} = n_o \sum K_{3i} n_{Mi}, \quad (8)$$

де $N_{3\Sigma}$ — сумарна потреба в запасних частинах, шт.; K_{3i} — коефіцієнт потреби в запасних частинах на час прогнозу $t_{\Pi i} = T_i$; n_{Mi} — кількість машин з напрацюванням T_i , шт.; T_i — напрацювання машин на час визначення потреби в запасних частинах, год.

Середньорічна потреба в запасних частинах на одну машину $N_{3.р.н}$ за наявності парку машин із різним часом експлуатації дорівнює

$$N_{3.р.н} = \frac{N_{3\Sigma}}{\frac{\sum T_i n_{Mi}}{T_M}}, \quad (9)$$

де $N_{3\Sigma}$ знайдено за формулою (8).

При визначенні середньорічної потреби в запасних частинах N_{3100} на 100 машин за строк служби, яку подають у номенклатурних зошитах, потреба становитиме

$$N_{3100} = \frac{100 n_o K_3}{T_{сл}}, \quad (10)$$

де K_3 — коефіцієнт потреби в запасних частинах на час прогнозу, прийнятий за часу прогнозу $t_{\Pi} = T_M T_{сл}$.

Оскільки досі немає методичних напрацювань, які б давали змогу наперед задавати необхідну ймовірність безвідмовної роботи γ , запропоновано штучний прийом її визначення через інші параметри і величини. Для цього прирівнено гамма-відсотковий ресурс і нижню двобічну інтервальну оцінку середнього ресурсу, що відповідає найгіршим умовам експлуатації машини ($t_{\gamma} = t_{ср.н}$).

Для нормального розподілу нижня двобічна межа середнього ресурсу дорівнює

$$t_{ср.н} = t_{ср} - K_H Z_{\beta} \sigma = K_1 t_{ср}, \quad (11)$$

де K_H — коефіцієнт нижньої двобічної межі середнього ресурсу t_{cp}

$$K_H = \sqrt{\frac{1}{N}}; \quad (12)$$

N — розмір вибірки, Z_β — квантиль нормального розподілу, β — довірна ймовірність, $\sigma = Vt_{cp}$.

$$K_1 = 1 - \sqrt{\frac{1}{N}} Z_\beta V. \quad (13)$$

Водночас $t_\gamma = K_\gamma t_{cp}$, а отже, $K_1 = K_\gamma$. Гамма-відсотковий ресурс t_γ визначають за рівнянням

$$0,5 - 0,5\Phi \left| \frac{t_\gamma - t_{cp}}{\sigma} \right| = \frac{\gamma}{100}. \quad (14)$$

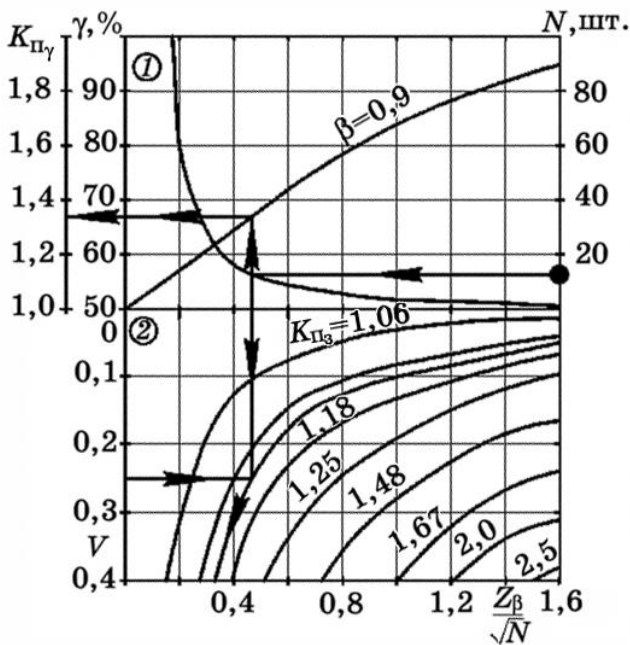


Рис. 2. Номограма для визначення ймовірності безвідмовної роботи γ та коефіцієнтів $K_{Пз}$ і $K_{П\gamma}$ для нормального розподілу

Спільним розв'язанням рівнянь (13) і (14) та після перетворень отримано формулу для визначення ймовірності безвідмовної роботи γ :

$$\gamma = 100 \left[1 - \Phi \left(-\frac{Z_\beta}{\sqrt{N}} \right) \right]. \quad (15)$$

За результатами розрахунків побудовано номограму для визначення ймовірності безвідмовної роботи γ (рис. 2), у першому квадранті якої подано залежність ймовірності безвідмовної роботи γ від проміжної величини $\frac{Z_\beta}{\sqrt{N}}$ та довірчої ймовірності $\beta = 0,9$.

та коефіцієнт $K_{П\gamma}$ перевищення ймовірності безвідмовної роботи $P(t_\gamma) = \gamma$ при використанні гамма-відсоткового ресурсу t_γ порівняно з 50%-ю ймовірністю

безвідмовної роботи при розрахунку запасних частин за середнім ресурсом t_{cp} $\left(K_{П\gamma} = \frac{P(t_\gamma)}{P(t_{cp})} \right)$. У другому — коефіцієнт $K_{Пз}$ перевищення витрат запасних частин,

розрахованих за гамма-відсотковим ресурсом t_γ порівняно з розрахунком запасних частин за середнім ресурсом t_{cp} $\left(K_{i\zeta} = \frac{1}{K_1} \right)$.

Для розподілу Вейбулла за плану спостережень $[NUN]$ нижню двобічну межу середнього ресурсу визначають за формулою

$$t_{cp.H} = K_H t_{cp}, \quad (16)$$

де K_H — коефіцієнт нижньої двобічної межі середнього ресурсу t_{cp} :

$$K_H = \left(\frac{2N}{\chi_{1+\beta; 2N}^2} \right)^{\frac{1}{b}}; \quad (17)$$

$\chi_{p;m}^2$ — табульована величина χ^2 -розподілу.

Взявши $t_\gamma = t_{cp,H}$, матимемо $K_\gamma = K_H$. Після низки перетворень отримано аналітичну залежність ймовірності безвідмовної роботи γ від параметра форми b та розміру вибірки N :

$$-\ln \frac{\gamma}{100} = \frac{2N \left[\Gamma \left(1 + \frac{1}{b} \right) \right]^b}{\chi_{1+\beta; 2N}^2}. \quad (18)$$

Побудовано номограму для визначення ймовірності безвідмовної роботи γ і коефіцієнтів $K_{ПЗ}$ та $K_{П\gamma}$ (рис. 3) залежно від параметра форми b та розміру вибірки N (за довірчою ймовірністю $\beta = 0,9$).

Запропоновано номограми (рис. 4, 5), які дають змогу просто і з достатньою точністю визначати потребу в запасних частинах при розподілі ресурсу їхніх елементів за законами нормальним та Вейбулла.

За вихідну інформацію прийнято закон розподілу ресурсу (нормальний, Вейбулла); середній ресурс t_{cp} і коефіцієнт варіації V при нормальному розподілі; середній ресурс t_{cp} та параметр форми b при розподілі Вейбулла; час прогнозу t_{II} ; розмір вибірки N , за якою визначені параметри розподілу; прийняту довірчу ймовірність $\beta = 0,9$, кількість однакових деталей на одній машині n_0 і кількість однакових машин n_M .

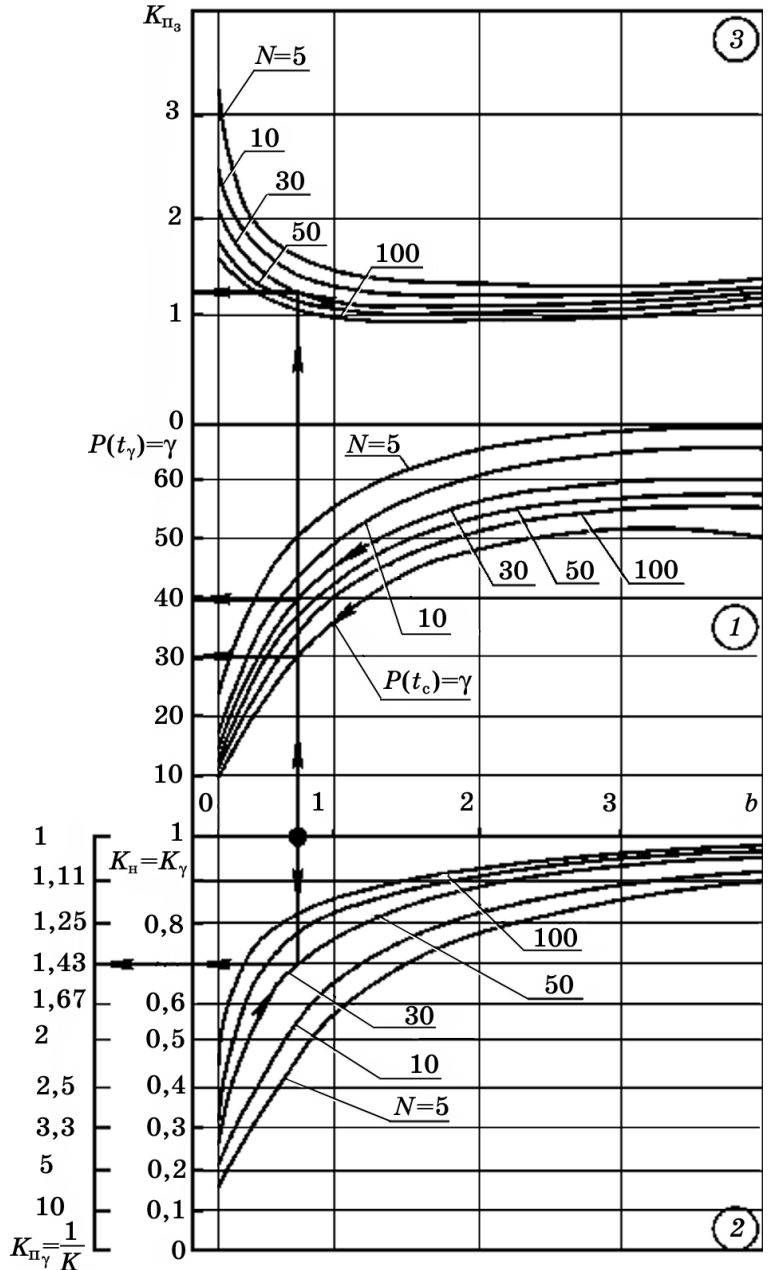
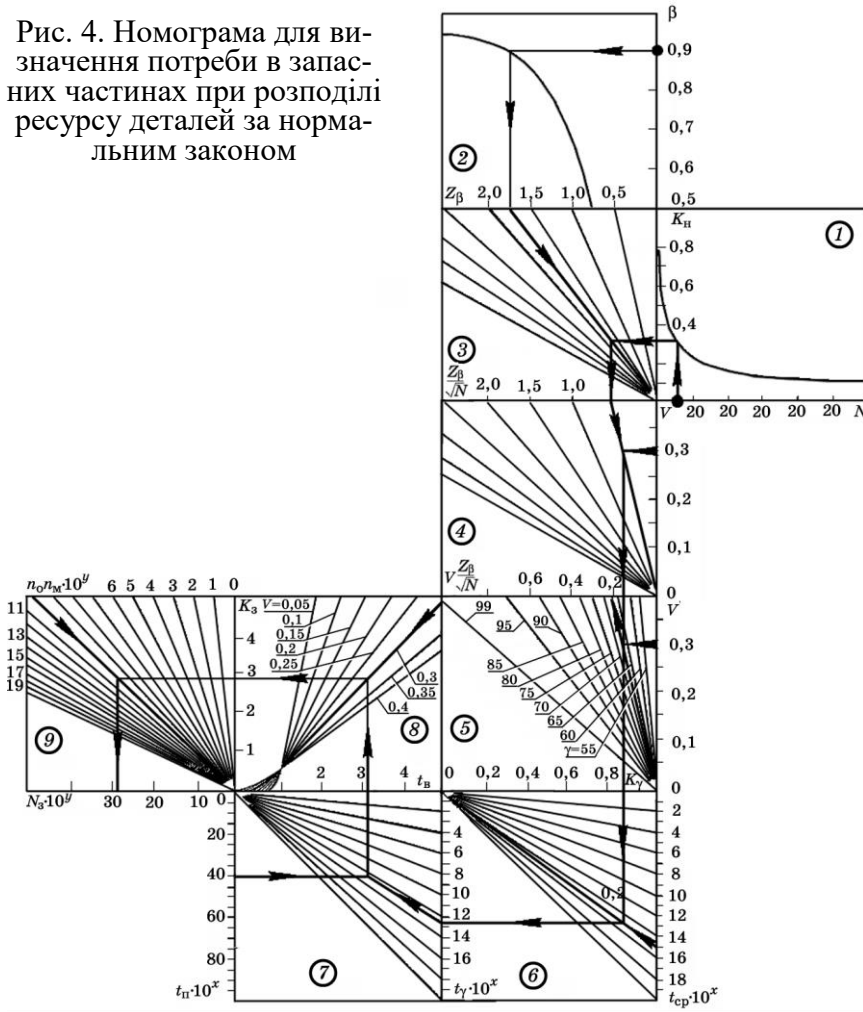


Рис. 3. Номограма для визначення ймовірності безвідмовної роботи γ і коефіцієнтів $K_{ПЗ}$ і $K_{П\gamma}$ для розподілу Вейбулла

Рис. 4. Номограма для визначення потреби в запасних частинах при розподілі ресурсу деталей за нормальним законом



Номограми дають змогу розрахувати не тільки потребу в запасних частинах, а й визначити ймовірність безвідмовної роботи γ (рис. 4, кв. 5, рис. 5, кв. 1).

У разі практичного застосування розподілу Вейбулла, особливо при втраті частини інформації й викривленні дійсних параметрів розподілу ресурсу, можна спробувати замінити розподіл Вейбулла з параметром форми $b \neq 1$ на експоненціальний розподіл зі значенням $b = 1$

При цьому відносна похибка C_B буде

$$C_B = \frac{100(K_{3B} - K_{3e})}{K_{3B}} (\%), \quad (19)$$

де K_{3B} — коефіцієнт потреби в запасних частинах для розподілу Вейбулла з параметром форми $1 < b < 1$; K_{3e} — коефіцієнт потреби в запасних частинах для експоненціального розподілу ($b = 1$).

За $K_{3B} > K_{3e}$ похибка буде додатною ($C_B > 0$) і запасних частин не вистачатиме, а за $K_{3B} < K_{3e}$ — від’ємною ($C_B < 0$) і запасні частини будуть у надлишку.

Отримано графічну залежність відносної похибки від параметра форми b розподілу Вейбулла та відносного часу прогнозу t_B (рис. 6).

Залежність відносної похибки C_B від параметра форми b розподілу Вейбулла та відносного часу прогнозу t_B непрямолінійна.

Оскільки найбільша похибка знаходиться в зоні малих значень t_B , то за графіком рис. 6 визначимо її для двох різних поєднань t_B і b . Для можливого

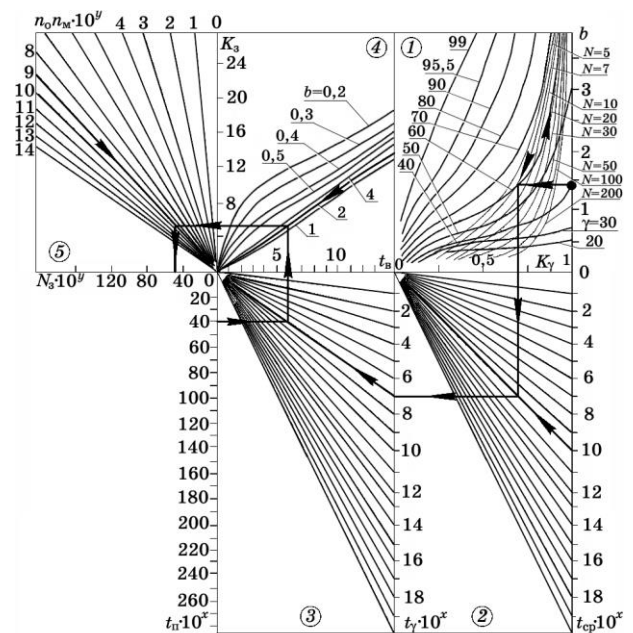


Рис. 5. Номограма для визначення потреби в запасних частинах при розподілі ресурсу деталей за законом Вейбулла (при $b = 1$ — експоненціальний розподіл)

поєднання $t_B = 0,28$ і $b = 0,71$ похибка додатна і дорівнює 44 %, тобто нестача запасних частин становить 44 %. Для поєднання $t_B = 0,28$ і $b = 2,39$ похибка від'ємна і дорівнює -490 %. У цьому разі розрахункова потреба в запасних частинах перевищує фактичну на 490 %, тобто надлишки будуть у 4,9 раза більшими за дійсну потребу. Отже, заміна розподілу Вейбулла з поєднанням параметра форми $b = 0,71 - 2,39$ і часу прогнозу $t_B = 0,28 - 22,38$ експоненціальним розподілом призводить до нестачі запасних частин до 44 % чи їх надлишку до 490 %.

У **третьому розділі** розглянуто програму і методику експериментальних досліджень.

Експериментальна перевірка теоретичних досліджень проведена на прикладі скребкового транспортера типу ТС-40,0М, який випускається вітчизняним заводом ВО «Уманьферммаш». Він зайшов широке застосування у тваринництві і використовується в комплектах кормоцехів для великої рогатої худоби (КЦК-5; ТП № 801-323; ТП № 801-460; ТП № 801-461; «Хортиця»), овець (КЦО-5), свиней (КЦС-100/1000; КЦС-200/2000; КЦС-600 чи ТП № 802-116 «Маяк») птахів та в технологічній лінії роздачі кормів на свинофермах на базі мобільного кормороздавача КЕС-1,7. Як вивантажувальний, транспортер є кінцевою ланкою в технологічній лінії кормоцеху і призначений для транспортування готової кормової суміші від змішувача до кормороздавача. Однак його можна застосовувати і самостійно. Понад 35 років він випускається вітчизняними машинобудівними підприємствами, неодноразово включався до Системи машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва на 1981 – 1990 та 1986 – 1996 рр., модернізований і нині знаходиться у виробництві під назвою конвеєр скребковий універсальний ТС-Ф-40М, а також входить до розробленої національної системи машин на 1996 – 2010 рр.

Визначено кількість об'єктів спостережень $N = 12$. Зібрано інформацію з відмов 12 транспортерів ТС-40,0М, які працювали у складі обладнання кормоцеху «Хортиця», дані статистичних вибірок розміщено у вигляді варіаційних рядів у порядку зростання. Сумнівні значення перевірено за критеріями Райта, Шовене та Ст'юдента і всі грубо помилкові виключені з вибірки. Перевірені табличні цифрові дані поділено на інтервали, визначено вид розподілу ресурсу деталей та його параметри. Ступінь узгодженості теоретичного і емпіричного (експериментального) розподілів оцінено за рівнем значущості по критерію згоди Пірсона (χ^2) і правилу Романовського. Розроблено програми «SPN» і «SPN1» для обробки статистичних даних та визначення потреби тваринницької техніки в запасних частинах. Програма «SPN» призначена для розрахунку кількості запасних частин за одночасного введення машин в експлуатацію при двох видах розподілу ресурсу — нормальному й Вейбулла. Програма

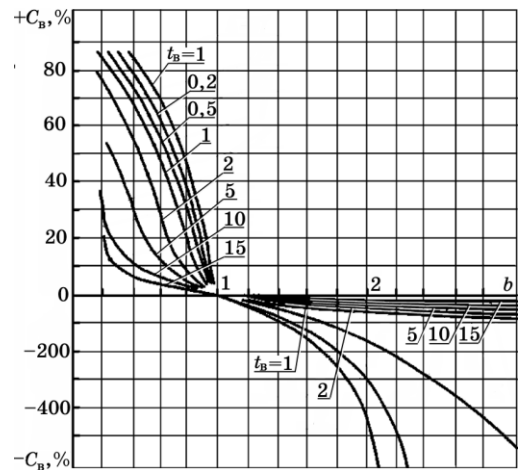


Рис. 6. Залежність відносної похибки C_B від параметра форми b розподілу Вейбулла та відносного часу прогнозу t_B у разі заміни розподілу Вейбулла на експоненціальний

«SPN1» призначена для розрахунку кількості запасних частин при введенні машин в експлуатацію по черзі і двох видах розподілу ресурсу — нормальному й Вейбулла. Обробку статистичних даних виконано за розробленими програмами «SPN» і «SPN1» на ПЕОМ.

Четвертий розділ містить результати експериментальних досліджень. Визначено основні показники безвідмовності та ремонтпридатності кормоцеху: напрацювання до відмови, середній час відновлення, коефіцієнт готовності та технічного використання. При дослідженні експлуатаційної надійності обладнання кормоцеху встановлено, що безвідмовність та ремонтпридатність обладнання підлягають закону Вейбулла. Окремі машини мають неоднакову надійність напрацювання до відмови, що становить 489 год для ТЛ-65; 239 год для ДСК-30; 238 год для ТС-40,0М; 230 год для ИКМ-5 та 185 год для ТК-5. Середній час відновлення коливається у межах 1,75 – 3,61 год, коефіцієнт готовності — 0,981 – 0,994, а коефіцієнт технічного використання — 0,878 – 0,965.

Розраховано показники безвідмовності і довговічності основних вузлів і деталей обладнання кормоцеху. На основі аналізу відмов основних вузлів і деталей обладнання встановлено, що їх ресурс розподіляється за законами: нормальним, Вейбулла та експоненціальним, більшість з яких — за законом Вейбулла з параметром форми $b = 0,90 - 2,69$ та середнім значенням ресурсу $t_{cp} = 430 - 4340$.

За розробленими на ПЕОМ програмами «SPN» і «SPN1» для визначення норм витрат запасних частин розраховано потребу в запасних частинах машин і обладнання для приготування і роздачі кормів. Аналіз отриманих ймовірностей безвідмовної роботи показав, що середнє значення цього параметра при розрахунку запасних частин за середнім ресурсом t_{cp} дорівнює 43,8 %, а при розрахунку за гамма-відсотковим ресурсом t_{γ} — 60,5 %, тобто збільшується на 16,7 %, що становить 38 % середньої ймовірності безвідмовної роботи при розрахунку за середнім ресурсом t_{cp} .

Розроблена методика визначення потреби в запасних частинах враховує залежність показників надійності від параметрів технічного стану машин і обладнання та дає змогу уточнити номенклатуру і середньогалузеві норми витрат запасних частин, скоротивши нестачу гостродефіцитних вузлів і деталей на 8 – 11 % і надлишок деталей, які з часом перетворюються на неліквіди, на 8 – 10 %.

У **п'ятому розділі** наведено розрахунок економічної ефективності від впровадження у виробництво методики визначення потреби в запасних частинах машин і обладнання для тваринництва, визначено економічну ефективність її використання.

Згідно з розрахунком економічної ефективності, розроблена методика дає змогу отримати потрібну кількість запасних частин для підтримання працездатності машин і обладнання кормоцеху на належному рівні. Підвищенням коефіцієнта оперативної готовності на 15 – 16 % можна збільшити середньорічний обсяг продукції (молока) на 12 – 13 %, підвищити продуктивність праці обладнання на 16 – 17 % і молочнотоварних ферм — на 13,7 %. Вартість додатково отриманої продукції від реалізації запропонованої методики визначення потреби в запасних частинах машин і обладнання для тваринництва у приватному підприємстві «Могучий» становить 239,2 тис. грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі дано нове вирішення наукової задачі підвищення експлуатаційної надійності машин та обладнання тваринництва прогнозуванням кількісного і номенклатурного складу запасних частин.

За результатами досліджень зроблено такі основні висновки:

1. На основі аналізу існуючих методик визначення потреби в запасних частинах встановлено, що прогнозування цієї потреби за середнім ресурсом не дає змоги досягти ймовірності безвідмовної роботи понад 50 % для нормального розподілу і знаходиться у межах 7,35 – 52 % для розподілу Вейбулла з параметром форми $b = 0,2 \dots 4$. Підвищення ймовірності безвідмовної роботи до більших значень супроводжується збільшенням кількості запасних частин за рахунок визначення їх потреби за гамма-відсотковим ресурсом.

2. В основу методики прогнозування потреби в запасних частинах покладено математичну модель зі змінними факторами: кількість однакових деталей на одній машині; кількість однакових машин; закон розподілу ресурсу деталей та його параметри; ймовірність безвідмовної роботи, а також час прогнозу, переданий у частках гамма-відсоткового ресурсу. За можливі моделі довговічності невідновлюваних виробів (елементів) тваринницької техніки, замінених у разі відмови запасними, прийнято закони розподілу ресурсу: нормальний, Вейбулла та експоненціальний, що охоплюють відповідно поступові, зносіві, втомлені та раптові відмови механічних і електромеханічних систем, які пройшли період припрацювання, а також систем, що експлуатуються в тяжких умовах під впливом механічних і кліматичних навантажень.

3. Обґрунтовано коефіцієнт потреби в запасних частинах K_3 . Залежність цього коефіцієнта, а отже, і витрат запасних частин від часу прогнозу, переданого в частках гамма-відсоткового ресурсу — t_b , є прямолінійною в усьому інтервалі часу тільки для експоненціального розподілу (розподіл Вейбулла з параметром форми $b = 1$), а також для нормального розподілу при $0 < t_b < 1$. Для нормального розподілу при $t_b > 1$ залежність коефіцієнта K_3 від t_b непрямолінійна. Для розподілу Вейбулла залежність коефіцієнта K_3 від t_b теж непрямолінійна, до того ж початковий період експлуатації характеризується підвищеною потребою в запасних частинах при значенні параметра форми $b < 1$ або зниженою — при значенні $b > 1$. Отримано коефіцієнт для визначення гамма-відсоткового ресурсу, залежність його від коефіцієнта варіації для нормального розподілу і параметра форми для розподілу Вейбулла при різних значеннях ймовірності безвідмовності роботи.

4. У разі умовної заміни розподілу Вейбулла на його окремий випадок — експоненціальний розподіл має місце певна від’ємна чи додатна похибки при розрахунку

потреби в запасних частинах, величина якої визначається комбінацією поєднання параметра форми розподілу b і часу прогнозу t_B . Так, для розподілу Вейбулла при комбінації поєднань $b = 0,71 - 2,39$ і $t_B = 0,28 - 22,38$, що характерне для таких найбільш застосовуваних вузлів і деталей машин та обладнання для приготування і роздачі кормів на тваринницьких фермах, як підшипники, зірочки, привідні й тягові роліко-втулкові ланцюги, вали, паси, електродвигуни, похибка коливається від 490 %, що відповідає перевитратам, до 44 %, що відповідає нестачі запасних частин у порівнянні з фактичною потребою.

5. При дослідженні експлуатаційної надійності обладнання кормоцеху «Хортиця» встановлено, що безвідмовність і ремонтпридатність обладнання підлягають закону Вейбулла. Окремі машини мають неоднакову надійність напрацювання до відмови, що становить 489 год для ТЛ-65; 239 год для ДСК-30; 238 год для ТС-40,0М; 230 год для ИКМ-5 та 185 год для ТК-5. Середній час відновлення знаходиться у межах 1,75 – 3,61 год, коефіцієнт готовності — 0,981 – 0,994, коефіцієнт технічного використання — 0,878 – 0,965.

6. На основі аналізу відмов основних вузлів і деталей обладнання встановлено, що їх ресурс розподіляється за законами: нормальним, Вейбулла та експоненціальним, більшість з яких — за законом Вейбулла з параметром форми $b = 0,9 - 2,61$ та середнім значенням ресурсу $t_{cp} = 310 - 4340$, середня ймовірність безвідмовної роботи при розрахунку запасних частин за середнім ресурсом t_c дорівнює 43,8 %, а при розрахунку за гамма-відсотковим ресурсом t_γ — 60,5 %, тобто підвищується на 16,7 %, що становить 38 % середньої ймовірності безвідмовної роботи при розрахунку за середнім ресурсом t_{cp} .

7. Розроблена методика визначення потреби в запасних частинах, на відміну від існуючих, враховує залежність показників надійності від параметрів технічного стану машин і обладнання, що дає змогу уточнити номенклатуру і середньогалузеві норми витрат запасних частин, скоротивши нестачу гостродефіцитних вузлів і деталей на 8 – 11 % і надлишок деталей, які з часом перетворюються на неліквіди, на 8 – 10 %.

8. Впровадження у виробництво розробленої методики дасть змогу забезпечити машини та обладнання для тваринництва достатньою кількістю запасних частин. Підвищенням коефіцієнта оперативної готовності на 15 – 16 % можна збільшити середньорічний обсяг продукції (молока) на 12 – 13 %, підвищити продуктивність обладнання на 16 – 17 % і молочнотоварних ферм — на 13,7 %. Вартість додатково отриманої продукції від реалізації запропонованої методики визначення потреби в запасних частинах машин і обладнання для тваринництва у приватному підприємстві «Могучий» становить 239,2 тис. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Болтянська Н.І.* До методології обґрунтування потреби запасних частин для засобів механізації тваринництва // Праці Таврійської держ. агротехн. академії.- Мелітополь.-2001.-Вип. 2.-Т.19 . -С. 81 – 83.

2. *Болтянська Н.І.* Аналіз підходів до визначення кількості запасних частин техніки для механізації тваринництва // Праці Таврійської держ. агротехн. академії. – Мелітополь.-2004.- Вип. 17.- С. 61 – 66.

3. *Болтянська Н.І., Скляр О.Г.* Вибір розподілу ресурсу вузлів і деталей машин і устаткування тваринницьких ферм при обґрунтуванні потреби у запасних частинах // Праці Таврійської держ. агротехн. академії. – Мелітополь.- 2004. -Вип. 23.-С.65 -70 (особистий внесок - обґрунтувала вибір розподілу ресурсу вузлів і деталей).

4. *Болтянська Н.І.* Методика обґрунтування потреби в запасних частинах машин і устаткування тваринницьких ферм // Зб. матеріалів четвертої міжнародної наук.-практ. конф. аспірантів «Сучасні аспекти науки і напрями досліджень стан і перспективи». – Вінниця.-2004. -С. 206-208.

5. *Болтянська Н.І.* Методика прогнозування потреби в запасних частинах на перспективу для машин і обладнання тваринницьких ферм // Машины и способы механизации сельскохозяйственного производства: Науч. труды Крымского гос. аграрн. ун-та. — Симферополь.-2005. -Вип. 84.-С. 106 -112.

6. *Болтянська Н.І.* Номограми до визначення потреби в запасних частинах при розподілі ресурсу деталей за законами нормальним, Вейбулла та експоненціальним // Праці Таврійської держ. агротехн. академії. -Мелітополь. -2005. - Вип.26 -С.61-65.

7. *Болтянська Н.І.* Експериментальна перевірка методики визначення потреби в запасних частинах машин і обладнання у тваринництві // Праці Таврійської держ. агротехн. академії.- Мелітополь.- 2005. -Вип. 31.-С. 159-170.

АНОТАЦІЯ

Болтянська Н.І. Підвищення експлуатаційної надійності машин і обладнання тваринництва прогнозуванням кількісного та номенклатурного складу запасних частин. — Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 — Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. — Таврійська державна агротехнічна академія, Мелітополь, 2005.

Дисертацію присвячено питанням підвищення експлуатаційної надійності машин і обладнання тваринницьких ферм гарантованим забезпеченням їх запасними частинами.

Наведено результати теоретичних досліджень визначення потреби в запасних частинах при розподілі ресурсу вузлів і деталей машин та обладнання за законами нормальним, Вейбулла та експоненціальним, а також використання в розрахункових залежностях гамма-відсоткового ресурсу замість середнього, що дає змогу підвищити ймовірність безвідмовної роботи, особливо для машин і обладнання з найгіршими умовами експлуатації.

Наведено результати експериментальних досліджень на прикладі обладнання кормоцеху „Хортиця». Визначено економічну ефективність від впровадження роботи у виробництво.

Ключові слова: тваринницькі ферми, машини та обладнання, запасні частини, прогноз потреби.

АННОТАЦИЯ

Болтянская Н.И. Повышение эксплуатационной надежности машин и оборудования животноводства прогнозированием количественного и номенклатурного состава запасных частей. — Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 — Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. — Таврическая государственная агротехническая академия, Мелитополь, 2005.

В работе обоснована актуальность выбранной темы исследований, представлены научная проблема, цель и задачи исследований.

Рассмотрена задача повышения эксплуатационной надежности машин и оборудования животноводческих ферм путем гарантированного обеспечения их запасными частями. Для ее решения обоснована методика определения потребности запасных частей и разработан математический аппарат со шлейфом необходимых справочных материалов для практического применения ее в производстве.

В первом разделе представлен обзор и анализ литературных источников в области определения потребности запасных частей технических средств, в том числе машин и оборудования в животноводстве. На основе анализа установлено, что в выполненных ранее исследованиях не учтены: применение в расчетных формулах других показателей долговечности кроме среднего ресурса, например гамма-процентного ресурса; закономерность распределения ресурса узлов и деталей, что сказывается на

точности определения потребности в запасных частях, поэтому во многих случаях условно принимается экспоненциальное распределение как наиболее простое; различия в возрасте машин и оборудования при условии поочередного введения их в эксплуатацию; уровень вероятности безотказной работы, гарантирующей достаточность количества запасных частей для всей генеральной совокупности исследуемых деталей и узлов машин и оборудования, в частности тех, которые эксплуатируются в наихудших условиях. В связи с этим необходимо провести дополнительные исследования. Выполненный обзор и анализ литературных источников дали возможность определить цель работы и сформулировать ее основные задачи.

Рассмотрена методология определения потребности в запасных частях, которая предусматривает ряд условий, необходимых для разработки методики, и разработана методика. Поскольку расчет потребности в запасных частях по среднему ресурсу для наиболее применяемых в исследованиях надежности животноводческой техники распределений — нормального, Вейбулла и экспоненциального не обеспечивает вероятности безотказной работы выше 52 %, обосновано применение не среднего, а гамма-процентного ресурса, которое позволяет увеличить ее до заданной величины. Представленная математическая зависимость для определения потребности в запасных частях реализована в конечном виде простыми уравнениями, доступными для практического применения, а также номограммами. Определены необходимые вспомогательные коэффициенты. Рассмотрена возможная погрешность при замене распределения Вейбулла экспоненциальным.

Программа и методика экспериментальных исследований предусматривала выбор объекта исследований и его характеристику, расчет необходимого количества объектов наблюдений, методику получения экспериментальных данных и их математической обработки, разработку программы для обработки статистических данных и алгоритма расчетов количества запасных частей на ЭВМ.

Результаты теоретических исследований проверены в экспериментальных условиях на примере наиболее характерного представителя машин и оборудования для приготовления кормов — скребкового конвейера ТС-40,0М, который эксплуатируется в составе оборудования кормоцеха «Хортица» в молочных комплексах на 800 — 1200 голов скота с учетом закономерности распределения отказов. Определены показатели безотказности и ремонтпригодности оборудования кормоцеха, а также показатели долговечности их узлов и деталей, на основании которых по разработанной методике сделан расчет потребности запасных частей и разработаны предложения по изменению и дополнению номенклатуры и норм среднегодовых затрат за срок службы на 100 единиц оборудования. Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что при применении разработанной методики вероятность безотказной работы повышается на 16,7 %.

Стоимость дополнительно полученной продукции от внедрения результатов работы в производство составила 239,2 тыс. грн.

Ключевые слова: животноводческие фермы, машины и оборудование, запасные части, прогноз потребности.

ANNOTATION

Boltyanskaya N.I. Increasing of the service reliability of machines and equipment in the livestock breeding by prediction of spare part number and nomenclature. — Manuscript.

Thesis on competition for a degree of candidate of the technical sciences on speciality 05.05.11 — Machines and means of mechanization in the agricultural production. — Tavriyan State Agritechnical Academy, Melitopol, 2005.

The thesis is dedicated to questions of increasing the efficiency of usage of machines and equipment of livestock breeding farms by means of the guaranteed provision of them by spare parts.

Results of theoretical studies of the determination of the need for spare parts at distributions of the resource of the machine and equipment assemblies and parts by normal, Weibull and exponential laws are considered. Using the gamma-percent resource instead of the average one in calculation formulae allows to raise the failureless work probability, particularly, for machines and equipment with the worst condition of the usage.

Results of the experimental studies are given on example of the «Hortitsa» fodder unit equipment. The economical efficiency of introducing results of the work in production is assessed.

Key words: livestock breeding farms, machines and equipment, spare parts, prediction of need.