

УДК 631.171.075.3

## ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ЕКОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ ТВАРИННИЦЬКОЇ ТЕХНІКИ

Н. І. Болтянська<sup>1</sup>, О. О. Заболотько<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна.

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua.

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – червень 2019.

Бібл. 19, рис. 0, табл. 0.

**Анотація.** В сьогоденні умовах, коли спостерігається старіння машинно-тракторного парку в тваринництві особливо гостро стає проблема ефективного використання вітчизняної і зарубіжної техніки. Крім того, велика увага приділяється проблемі підвищення якості та надійності розроблених вітчизняних машин і устаткування. Вимоги до техніки безперервно зростають як до якості, так і діапазону виконання сільськогосподарських робіт і операцій, підвищення надійності і продуктивності. Це призводить до збільшення завантаженості машин. З іншого боку, збільшення напруження на кожен агрегат призводить до збільшення відмов, а відповідно і часу перебування машин і устаткування в ремонті, тому забезпечення надійності окремих деталей і складальних одиниць, а також тваринницької техніки в комплексі має вирішальне значення. При низькій надійності машин відбувається збільшення простоїв, браку продукції, що виготовляється, витрат на обслуговування і ремонт, а отже, зниження продуктивності і підвищення собівартості продукції. Річне напруження машин і їх надійність залежать, в основному, від умов і рівня їх використання і обслуговування, які включають: якість виконання операцій технічного обслуговування і ремонту, кваліфікацію обслуговуючого персоналу, стан виробничої бази, природно-кліматичні умови. Означено, що основними кількісними показниками для економічного аналізу надійності машин є: вартість заходів по підвищенню надійності, економічний ефект від підвищення надійності та термін окупності заходів з підвищення надійності. Наведено рівняння для визначення терміну окупності заходів щодо підвищення надійності та експлуатаційних витрат з підвищенням надійності. Визначено умову економічної доцільності проведення робіт по підвищенню рівня надійності.

**Ключові слова:** тваринництво, машинно-тракторний парк, ефективне використання, підвищення надійності, економічна доцільність.

### Постановка проблеми

В сьогоденні умовах, коли спостерігається старіння машинно-тракторного парку в тваринництві осо-

бливо актуальною стає проблема ефективного використання вітчизняної і зарубіжної техніки. Крім того, велика увага приділяється проблемі підвищення якості та надійності розроблених вітчизняних машин і устаткування.

Проблема забезпечення якості продукції завжди привертала увагу учених, виробників і експлуатувальників [1-4].

Ще гостріше вона стоїть в даний час у зв'язку з переходом на ринкові умови господарювання, загостренням конкуренції вітчизняних товаровиробників, як між собою, так і з іноземними фірмами.

Особливе значення має підвищення якості продукції у галузі машинобудування, рівень якої визначає темпи технічного прогресу в решті всіх галузей.

При цьому підвищення якості продукції повинне здійснюватися з урахуванням економічної доцільності, оскільки межі підвищення якості визначаються зрештою не технічними можливостями, а економічною ефективністю [5-9].

### Аналіз останніх досліджень

Основою для економічної оцінки і встановлення оптимальних термінів служби машин, що кількісно виражають їх довговічність є дані про зміну поточних і капітальних витрат при використанні техніки через фізичний і моральний знос.

Економічні наслідки цього у загальних рисах вивчені, проте практично відсутнє теоретичне обґрунтування залежностей зміни витрат в часі, конкретний вид цих функцій, недостатня диференціація цих витрат по статтях калькуляції [10, 11].

Питанням забезпечення надійності тваринницької техніки, підтримання її в робочому стані та ефективного її використання приділяли увагу такі науковці: А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружи́ло, С.В. Кропивко, В.С. Лове́йкін, К.І. Почка та ін. Але на даний час залишається невирішеними ще дуже багато питань [12-15].

### Мета досліджень

Мета досліджень полягає у визначенні основних кількісних показників для економічного аналізу надійності тваринницької техніки: термін окупності заходів щодо підвищення надійності та експлуатаційні витрати з підвищенням надійності та визначенні умов економічної доцільності проведення робіт по підвищенню рівня надійності.

### Результати досліджень

Вимоги до техніки безперервно зростають як до якості, так і діапазону виконання сільськогосподарських робіт і операцій, підвищення надійності і продуктивності. Це призводить до збільшення завантаженості машин. Надійність - одна з головних оцінок якості та експлуатаційних переваг техніки.

З іншого боку, збільшення напрацювання на кожен агрегат призводить до збільшення відмов, а відповідно і часу перебування машин і устаткування в ремонті, тому забезпечення надійності окремих деталей і складальних одиниць, а також тваринницької техніки в комплексі має вирішальне значення. При низькій надійності машин відбувається збільшення простоїв, браку продукції, що виготовляється, витрат на обслуговування і ремонт, а отже, зниження продуктивності і підвищення собівартості продукції. Крім того, у ряді галузей, наприклад, сільському господарстві і виробництві продуктів харчування, це призводить до безповоротної втрати урожаю, молока і інших продуктів харчування.

Встановлення оптимальних термінів машини і оцінку їх надійності необхідно розглядати спільно з системою ремонту, оскільки вона визначає швидкість фізичного зносу машин, а звідси безвідмовність і довговічність. Забезпечення надійності машин - проблема комплексна. Вона починається на етапі проектування машини, закладається при її виробництві, реалізується на етапі експлуатації і підтримується за допомогою системи технічного обслуговування і ремонту до закінчення терміну служби машини.

За відсутності необхідного рівня надійності техніки відбувається передчасне вибуття її з процесу виробництва, тобто передчасне списання. Для того, щоб забезпечити виконання завдань, що стоять перед конкретною галуззю, наприклад, сільським господарством, транспортом, будівництвом, необхідно буде збільшити виробництво машин, що практично неможливо зробити в сучасних умовах через відсутність капітальних додаткових вкладень і недоліку оборотних коштів у підприємств. В той же час, якщо навіть на етапах проектування і виробництва вдалося закласти і забезпечити необхідну надійність машин, то реалізація цієї потенційно високої надійності залежить від умов експлуатації техніки і, перш за все від системи її обслуговування і ремонту та якості їх проведення. Для повної реалізації потенційної надійності необхідно керувати процесом експлуатації машин за рахунок створення і використання оптимальної системи їх технічного обслуговування та ремонту і науково-обґрунтованих до-

ремонтних, міжремонтних і повних ресурсів та термінів служби виробів. Повна реалізація надійності техніки, що закладено на етапах проектування і виробництва дозволить підвищити її продуктивність, а отже і поліпшити всі економічні показники роботи без використання капітальних додаткових вкладень і значного збільшення оборотних коштів [9,10].

Встановлення і дотримання оптимальних термінів служби машин - одна з головних умов підвищення ефективності виробництва як в окремо взятому підприємстві, так і в галузях виробництва в цілому. Із всіх властивостей надійності найбільший вплив на кінцеві економічні результати роботи машин і устаткування надає довговічність і безвідмовність, оскільки їх рівень визначає величину витрат на капітальні і поточні ремонти, на усунення відмов в процесі експлуатації техніки, а звідси показники економічної ефективності її застосування.

Інші властивості, що є складовими частинами надійності: ремонтпридатність і збереженість, закладаються, в основному, на етапі проектування і істотно вплинути на них в процесі експлуатації машини важко. Велика частина вітчизняної і зарубіжної літератури, головним чином, присвячена питанням загальної економічної оцінки впливу фізичного і морального зносу на економічні результати роботи машин. При цьому часто не враховуються особливості конструкції машин, системи обслуговування, структура ремонтного циклу і оптимальні терміни служби машин. Методично правильне рішення задачі можливе тільки, коли дослідження проводиться з урахуванням вищезазначених чинників, оскільки для різних типів машин і різних сфер їх використання існують значні відмінності в підходах до забезпечення надійності в процесі їх експлуатації, наприклад, авіація, наземний транспорт, сільське господарство і тому подібне [16,17].

Забезпечення надійності машин - проблема комплексна. Вона починається на етапі проектування машини, закладається при її виробництві, реалізується на етапі експлуатації і підтримується за допомогою системи технічного обслуговування і ремонту до закінчення терміну служби машини. Ефективність використання потенційної надійності виробу, закладеної на етапах проектування і виробництва, головним чином залежить від системи обслуговування і ремонту техніки і якості їх проведення. Для повної реалізації потенційної надійності машини необхідно, щоб система технічного обслуговування і ремонту, а також міжремонтні ресурси і термін служби машини були науково обґрунтованими. Це дозволить підвищити експлуатаційну надійність машин, а, отже, їх продуктивність і поліпшити всі економічні показники роботи без використання додаткових капітальних вкладень і значного збільшення оборотних коштів [18,19].

З точки зору надійності необхідно підвищувати безвідмовність і коефіцієнт готовності машин і устаткування, що є важливою, актуальною задачею в даний час.

Основними кількісними показниками для економічного аналізу надійності машин є:

- вартість заходів по підвищенню надійності  $\Delta E_1$ ;
- економічний ефект від підвищення надійності  $\Delta E_2$ ;

• термін окупності заходів з підвищення надійності  $\eta$ .

Перший показник визначається за формулою:

$$\Delta E_1 = \Delta E_0 \left( \frac{\lambda_0}{\lambda_n} \right)^\alpha \quad (1)$$

де  $\Delta E_0$  - вартість витрат по забезпеченню надійності старого блоку з інтенсивністю відмов  $\lambda_0$ ;

$\lambda_1$  - інтенсивність відмов блоку з підвищеним рівнем надійності ( $\lambda_0 > \lambda_n$ );

$\alpha = 0,5 \dots 1,5$  / - коефіцієнт, що залежить від якості виготовлення блоку. При експоненціальному законі розподілу відмов маємо

$$\Delta E_1 = \Delta E_0 \left( \frac{\ln P_0(t)}{\ln P_n(t)} \right)^\alpha \quad (2)$$

де  $P_0(t)$  і  $P_n(t)$  – відповідно ймовірності безвідмовної роботи старого і нового блоків.

Економічний ефект від підвищення надійності обчислюється за такою формулою

$$\Delta E_2(t) = (e^{-\lambda_0 t} - e^{-\lambda_n t}) A \cdot z \quad \Delta E_2(t) = (e^{-\lambda_0 t} - e^{-\lambda_n t}) A \cdot z \quad (3)$$

де  $A$  - річний випуск блоків;

$z$  - собівартість одного блоку;

$t$  - час, що минув з моменту підвищення надійності.

Якщо підвищення рівня надійності збільшує собівартість блоку від величини  $z_0$  до  $z_n$  ( $z_n > z_0$ ), то

$$\Delta E_2(t) = (e^{-\lambda_0 t} - J \cdot e^{-\lambda_n t}) A \cdot z_n \quad (4)$$

де  $J_z = \frac{z_n}{z_0} > 1$  - індекс собівартості одиниці нового варіанту блоку в порівнянні зі старим [10].

Термін окупності  $\eta$  заходів щодо підвищення надійності визначається за формулою

$$\eta = \frac{\ln J_z}{\lambda_0 - \lambda_n} \quad (5)$$

Показник  $\eta$  не повинен бути занадто великий, тому що економічний ефект  $\Delta E_2$  може бути не реалізований.

Тому приймають, що термін окупності не повинен перевищувати половину середнього часу безвідмовної роботи старого варіанту машини, тобто

$$\eta \leq 0,5 \cdot T_{cp}^0 = \frac{1}{2} \lambda_0 \quad (6)$$

В такому випадку умова економічної доцільності проведення робіт по підвищенню рівня надійності машин набуде вигляду

$$\frac{\lambda_0 - \lambda_n}{2\lambda_0} \geq \ln \frac{z_n}{z_0} \quad (7)$$

Експлуатаційні витрати з підвищенням надійності зменшуються за залежністю:

$$C_e(t) = R_n \frac{T_p}{t} [-\ln P_n(t)] \quad (8)$$

де  $R_n$  - середня вартість однієї відмови нової машини;

$T_p$  - середній ресурс нової машини.

### Висновки

1. Для повної реалізації потенційної надійності машини необхідно, щоб система технічного обслуговування і ремонту, а також міжремонтні ресурси і термін

служби машини були науково обґрунтованими. Наведено рівняння для визначення терміну окупності заходів щодо підвищення надійності та експлуатаційних витрат з підвищенням надійності. Визначено умову економічної доцільності проведення робіт по підвищенню рівня надійності.

### Список літератури

1. *Болтянська Н. І.* Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2008. Вип. 36. С. 3-7.

2. *Роговський І. Л.* Методологічні підходи ефективності забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 1, P. 177-187.

3. *Молодик М. В.* Оцінювання надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2008. Вип. 92. С. 381–389.

4. *Болтянський О. В., Болтянська Н. І.* Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97-102.

5. *Скляр О. Г., Болтянська Н. І.* Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Колор Принт, 2012. 720 с.

6. *Роговський І. Л.* Основні чинники забезпечення продуктивності процесів відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2018. Вип. 282. С. 379-394.

7. *Болтянський О. В., Болтянська Н. І.* Аналіз основних тенденції розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2011. Вип. 166, ч. 1. С. 255-261.

8. *Rogovskii I. L.* Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 403-411.

9. *Болтянская Н. І.* Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве. Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. 2016. Vol. 18. No 13, b. P. 49-54.

10. *Лезина Е. Г.* Влияние безотказности на экономическую эффективность машин. Межвузовский сборник научных трудов. 2000. №7. С. 215.

11. *Болтянська Н. І.* Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2009. Вип. 89. С. 106-111.

12. *Скляр О. Г., Болтянська Н. І.* Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.

13. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Аналіз шляхів підвищення ефективності використання машино-тракторного парку. Праці ТДАТУ. 2014. Вип. 14. Т. 4. С. 204-209.

14. Лімонт А. С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин. Навч. посіб. Житомир: ДАУ, 2008. 420 с.

15. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212, ч. 1. С. 275-283.

16. Заболотько О. О., Болтянська Н. І. Показники експлуатаційної безвідмовності фермського обладнання. Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» 2017. С. 155-158.

17. Болтянська Н. І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2014. Вип. 196, ч. 1. С. 239-245.

18. Лычева В. В. Формирование себестоимости продукции в сельском хозяйстве: проблемы оценки затрат. Межвузовский сборник научных трудов. 2000. №6. С. 104.

19. Некрасов С. С. Экономические критерии предельного состояния сложных машин. Механизация и электрификация сельского хозяйства. №4. 1999. С. 20-23.

## References

1. Boltyanska N. I. (2008). The current state of the machine-tractor fleet of enterprises in the agro-industrial complex. Proceedings of the Tavrida State Agrotechnological University. No. 36, 3-7.

2. Rogovskii I. L. (2019). Methodological approaches of efficiency ensure availability of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10, No 1, 177-187.

3. Molodyk M. V. (2008). Evaluation of machine reliability during operation, maintenance and repair. Mechanization and electrification of agriculture. No. 92. 381-389.

4. Boltyansky O. V., Boltyansky N. I. (2011). Use of nanotechnology in the indiscriminate service of autotractor technology. Issue 11. Vol. 2. 97-102.

5. Sklar O. G., Boltyansky N. I. (2012). Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Color Print. 720.

6. Rogovskii I. L. (2018). Main factors for the productivity of processes of restoration of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 282. 379-394.

7. Boltyansky O. V., Boltyansky N. I. (2011). An analysis of the main trends in the development of world and domestic agricultural machinery for crop production. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 166, Part 1. 255-261.

8. Rogovskii I. L. (2017). Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 262. 403-411.

9. Boltyanskaya N. I. (2016). Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. Vol. 18. No 13, b. 49-54.

10. Lezina E. G. (2000). The impact of dependability on the economic efficiency of machines. Interuniversity collection of scientific papers. Number 7. 215.

11. Boltyanskaya N. I. (2009). Changes in MEZ technical and operational performance under the influence of their reliability. Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Peter Vasylenko. Vol. 89. 106-111.

12. Sklar O. G., Boltyansky N. I. (2018). Fundamentals of Livestock Enterprise Design: A Textbook. Condor Publishing House, 380.

13. Boltyansky O. V., Boltyansky N. I. (2014). Analysis of ways of increasing the efficiency of the use of the machine-tractor park. Against TDAT. No. 14. Vol. 4. 204-209.

14. Limont A. S. (2008). Theoretical foundations of machine performance. Educ. tool. Zhytomyr: GAU. 420.

15. Boltyansky O. V., Boltyansky N. I. (2015). Environmental safety of production and reduction of material and energy resources consumption for agricultural production. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 212, Part 1. 275-283.

16. Zabolotko O. O., Boltyanskaya N. I. (2017). Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference "Kramar Readings". 155-158.

17. Boltyanskaya N. I. (2014). Product quality assurance in the field of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK. Kyiv. Vol. 196, Part 1. 239-245.

18. Lycheva V. V. (2000). Formation of production costs in agriculture: problems of cost estimation. Interuniversity collection of scientific papers. No. 6. 104.

19. Nekrasov S. S. (1999). Economic criteria for the limit state of complex machines. Mechanization and electrification of agriculture. Number 4. 20-23.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Н. И. Болтянская, О. А. Заболотько

**Аннотация.** В современных условиях, когда наблюдается старение машинно-тракторного парка в животноводстве особенно остро стоит проблема эффективного использования отечественной и зарубежной техники. Кроме того, большое внимание уделяется проблеме повышения качества и надежности разрабатываемых отечественных машин и оборудования. Требования к технике непрерывно растут как к качеству, так и диапазону выполняемых работ и операций,

повышения надежности и производительности. Это приводит к увеличению загрузки машин. С другой стороны, увеличение наработки на каждый агрегат приводит к увеличению отказов, а соответственно и времени пребывания машин и оборудования в ремонте, поэтому обеспечение надежности отдельных деталей и сборочных единиц, а также животноводческой техники в комплексе имеет решающее значение. При низкой надежности машин происходит увеличение простоев, брака изготавливаемой продукции, расходов на обслуживание и ремонт, а следовательно, снижение производительности и повышение себестоимости продукции. Годовое наработки машин и их надежность зависят, в основном, от условий и уровня их использования и обслуживания, которые включают: качество выполнения операций технического обслуживания и ремонта, квалификации обслуживающего персонала, состояние производственной базы, природно-климатических условий. Отмечено, что основными количественными показателями для экономического анализа надежности машин являются: стоимость мероприятий по повышению надежности, экономический эффект от повышения надежности и срок окупаемости мероприятий по повышению надежности. Приведены уравнения для определения срока окупаемости мероприятий по повышению надежности и эксплуатационных расходов с повышением надежности. Определены условия экономической целесообразности проведения работ по повышению уровня надежности.

**Ключевые слова:** животноводство, машинно-тракторный парк, эффективное использование, повышение надежности, экономическая целесообразность.

conditions. It is noted that the main quantitative indicators for the economic analysis of the reliability of machines are: the cost of measures to improve reliability, the economic effect of increasing reliability and the payback period of measures to improve reliability. The equations for determining the payback period of measures to improve the reliability and operating costs with increased reliability are given. The conditions for the economic feasibility of work to improve the level of reliability are determined.

**Key words:** animal husbandry, machine and tractor fleet, efficient use, increased reliability, economic feasibility.

**Н. І. Болтянська** ORCID 0000-0002-7887-4715.

**О. О. Заболотько** ORCID 0000-0003-1024-7798.

#### ECONOMIC COMPONENT OF ENSURING LEVEL OF RELIABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY

*N. I. Boltianska., O. O. Zabolotko*

**Abstract.** In today's conditions, when an aging machine and tractor park is observed in animal husbandry, the problem of the effective use of domestic and foreign equipment is particularly acute. In addition, much attention is paid to the problem of improving the quality and reliability of the developed domestic machines and equipment. Requirements for technology are constantly growing as to the quality and range of work and operations performed, increasing reliability and productivity. This leads to an increase in the workload of the machines. On the other hand, an increase in operating time for each unit leads to an increase in failures and, accordingly, the residence time of machinery and equipment under repair, therefore ensuring the reliability of individual parts and assembly units, as well as livestock equipment in the complex, is crucial. With low reliability of machines there is an increase in downtime, defective manufactured products, the cost of maintenance and repair, and consequently, a decrease in productivity and an increase in the cost of production. The annual operating time of the machines and their reliability depend mainly on the conditions and the level of their use and maintenance, which include: the quality of maintenance and repair operations, the qualifications of the maintenance personnel, the state of the production base, and climatic

