

cyclic fuel supply lead to changes in these hydrodynamic processes, which is certainly reflected in vibro-acoustic processes in the jet.

So, the vibro-acoustic characteristics of nozzles can be used for CIP diagnosis directly on the engine.

Key words: *knot, defect, option, transformant, forage harvester*

УДК 631.372.62

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О. М. Бистрий, здобувач*

І. Л. Роговський, кандидат технічних наук

e-mail: rogovskii@yandex.ua

Анотація. *В процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів основним критерієм ефективного використання їх є максимально допустима продуктивність при найменших затратах живої і уречевленої праці із заходами дотримання агротехнологічної якості виконання технологічного процесу та вимог охорони праці і впливу на навколишнє середовище. Тому одним із дієвих напрямків забезпечення максимально допустимої продуктивності зернозбирального комбайна є його експлуатаційно-технологічна безвідмовність.*

Для встановлення аналітичного зв'язку між показниками продуктивності зернозбирального комбайна і його експлуатаційно-технологічної безвідмовності, як складної технічної системи при заданій якості, необхідно застосувати загальну теорію надійності і продуктивності, які з високим ступенем достовірності можемо застосувати ототожнено до виробничих технологічних процесів.

Ключові слова: *аналіз, експлуатація, технологічність, безвідмовність, зернозбиральний комбайн*

Постановка проблеми. В процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів [1] основним критерієм ефективного використання їх є максимально допустима продуктивність при найменших затратах живої і уречевленої праці із заходами дотримання агротехнологічної якості виконання технологічного процесу [2] та вимог охорони праці і впливу на навколишнє середовище [3].

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І. Л. Роговський

© О. М. Бистрий, І. Л. Роговський, 2016

Тому одним із дієвих напрямків забезпечення максимально допустимої продуктивності зернозбирального комбайна є його експлуатаційно-технологічна безвідмовність.

Для встановлення аналітичного зв'язку між показниками продуктивності зернозбирального комбайна і його експлуатаційно-технологічної безвідмовності, як складної технічної системи при заданій якості, необхідно застосувати загальну теорію надійності і продуктивності, які з високим ступенем достовірності можемо застосувати ототожнено до виробничих технологічних процесів.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі на сьогодні наукові підходи до методичного супроводу визначення продуктивності зернозбиральних комбайнів в процесі їх рядової експлуатації не враховують експлуатаційно-технологічну безвідмовність самих самохідних сільськогосподарських машин [4]. Теперішніх наукових результатів досліджень з питань встановлення впливу експлуатаційно-технологічної безвідмовності комбайнів на їх техніко-економічні показники актуально недостатньо [5]. Тому і ставиться задача з встановлення зв'язку позациклових часу добового наробітку і показників безвідмовності зернозбиральних комбайнів. При будь-яких видах польових сільськогосподарських робіт [6] існує можливість аналізувати затрати часу та їх організацію за циклами [7].

Мета досліджень – сформулювати аналітичні підходи до аналізу експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Результати досліджень. В добовий баланс часу експлуатації зернозбирального комбайна $T_{дб}$ входить (рис. 1): робочий час – T_p , час холостого ходу комбайна в загоні – T_x , час на технологічне обслуговування комбайна – $T_{то}$, час на усунення випадкових несправностей технологічного і технічного характеру – T_n , підготовчо-заклучний час – $T_{пз}$ (підготовка комбайна до роботи, проведення регламентного технічного обслуговування, на переїзд до місця роботи), $T_{рх}$ – час руху комбайна, $T_{ц}$ – час циклу технологічного процесу збирання зерна комбайном, $T_{пр}$ – час технологічного процесу збирання зерна комбайном.

Величини показників T_x , $T_{то}$, T_n безпосередньо мають вплив на протікання технологічного процесу збирання зернових культур, так їх безпосереднє збільшення уповільнює швидкість процесу, тобто зменшується час чистої роботи комбайна і його продуктивність стає меншою за максимально допустиму за визначених виробничих умов експлуатації.

Величина показника $T_{пз}$ характеризує вплив лише опосередковано на експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів. Таким підтвердження є порушення

технології регламентного технічного обслуговування і його несвоєчасність призводить до збільшення кількості випадкових відмов та збільшення часу, який необхідно затратити на відновлення працездатності зернозбирального комбайна.

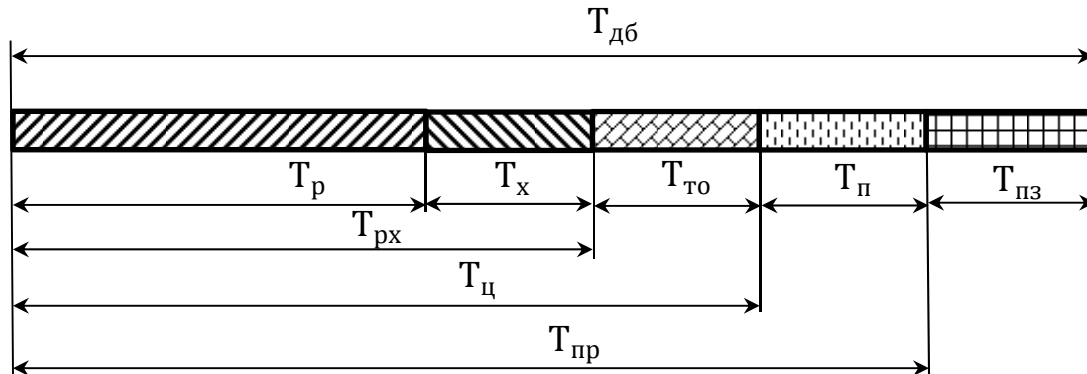


Рис. 1. Баланс часу добової експлуатації зернозбиральних комбайнів.

Простої з організаційних причин за несприятливих метеорологічних умов, виробничих та фізіологічних потреб на робочий технологічний процес збирання зернових культур мають вплив, однак в дисертаційній роботі нами не були розглянуті, як такі, що не суттєво впливають на експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів.

Аналіз балансу часу добової експлуатації зернозбиральних комбайнів дозволяє враховувати ряд особливостей, а саме час на технологічне обслуговування $T_{то}$ складає необхідність на вивантаження зерна із бункера комбайна. Однак якщо вивантаження зерна відбувається на ходу, то тоді час на цю операцію не затрачається $T_{то} = 0$.

Час на усунення випадкових несправностей може бути розподілено на час $t_{то}$ – тривалість випадкових простоїв з причини технологічних несправностей, t_T – тривалість простоїв з причини технічних несправностей. Крім того необхідно враховувати випадковий показник $t_{тр}$ – тривалість випадкових простоїв з причини очікування транспортних засобів для перевантаження зібраного врожаю зернових сільськогосподарських культур від комбайна (як свідчать окремі дослідники цей показник може становити при роботі зернозбиральних комбайнів до 16-31% втрат часу від добового балансу через подібні випадкові події).

Збирання зернових колових сільськогосподарських культур прямим комбайнуванням відбувається на полях, для яких довжина гонів не перевищує 500 метрів. Такі польові наділи рекомендовано збирати при русі комбайнів за колом з правим поворотом. В цьому

випадку холостий хід відсутній, тобто $T_x = 0$. Час на підготовку поля до збирання в балансі часу добової експлуатації комбайна не включаємо, за умови своєчасного виконання даної технологічної операції до набуття терміну агробіологічної стиглості зернових культур. Отже, баланс часу добової експлуатації комбайна під час збирання зернових культур прямим комбайнуванням, який в подальшому розглядається в дисертаційній роботі, графічно представлено на рис. 2.

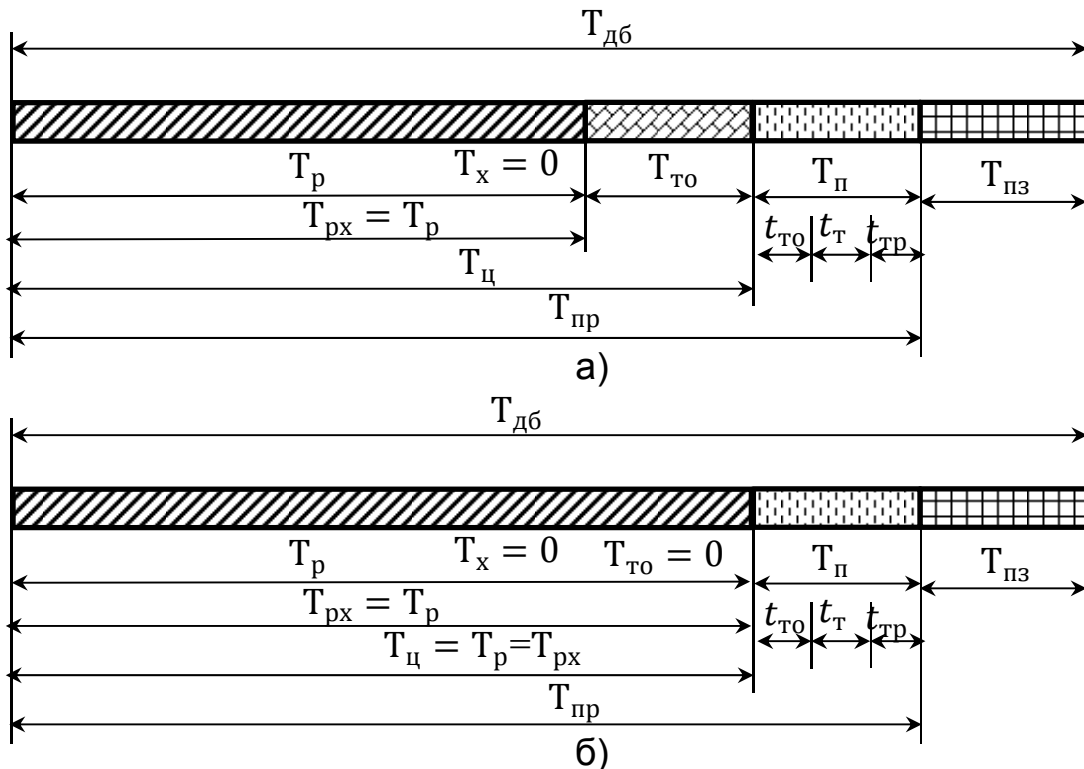


Рис. 2. Баланс часу добової експлуатації зернозбиральних комбайнів: а) при зупинках для перевантаження зібраного зерна із бункера комбайна до транспортного засобу; б) для перевантаження зібраного зерна із бункера комбайна до транспортного засобу без зупинки процесу збирання (на ходу).

Затрати часу добової експлуатації зернозбирального комбайна будемо розглядати як циклові (T_x , $T_{то}$, T_p) і позациклові ($T_{п}$ і $T_{пз}$). При цьому поза циклові розподілимо:

- прямі $T_{п}$, які залежать від технологічної і технічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів, а також від організації відвезення зібраного збіжжя від комбайнів, за чим простої комбайна в очікуванні транспорту в дисертаційній роботі будемо розглядати як випадкова технологічна відмова;

- непрямі $T_{пз}$, які забезпечують безперервність технологічного процесу збирання врожаю зернових колових культур, однак не

залежать від безвідмонсті самого технологічного процесу, тобто не впливають на випадкові перерви робочого процесу з причини відмови.

Отже, баланс добового часу експлуатації зернозбирального комбайна набуває наступного виду:

$$T_{дб} = T_{ц} + T_{п} + T_{пз}. \quad (1)$$

Тоді коефіцієнт використання норми добового часу експлуатації зернозбирального комбайна має наступний вид:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{дб}} = \frac{T_p}{T_{ц}} \cdot \frac{T_{ц}}{T_{пр}} \cdot \frac{T_{пр}}{T_{дб}} = \tau_{ц} \cdot \delta'_{пр} \cdot \delta'_{дб}, \quad (2)$$

де: $\tau_{ц}$ – коефіцієнт циклових втрат в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна; $\delta'_{пр}$ – коефіцієнт позациклових втрат в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна; $\delta'_{дб}$ – коефіцієнт затрат часу на регламентне технічне обслуговування в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна.

Отриманий аналітичний вираз (2) перетворимо в більш зручний для аналізу впливу τ на продуктивність зернозбирального комбайна.

Зв'язок між загальним і частними коефіцієнтами використання часу встановлюється із загальновідомої залежності:

$$\tau = \sum_{i=1}^n \tau_i - (n - 1), \quad (3)$$

де: n – сума частних коефіцієнтів використання часу;

$$\tau_i = 1 - \frac{T_i}{T_{дб}}, \text{ тобто } \tau_{ц} = 1 - \frac{T_{ц}}{T_{дб}}, \text{ і } \tau_{ц} - 1 = -\frac{T_{ц}}{T_{дб}};$$

$$\delta'_{пр} = 1 - \frac{T_{п}}{T_{дб}}, \text{ і } \delta'_{пр} - 1 = -\frac{T_{п}}{T_{дб}}; \delta'_{дб} = 1 - \frac{T_{пз}}{T_{дб}}, \text{ і } \delta'_{дб} - 1 = -\frac{T_{пз}}{T_{дб}}.$$

Підставивши значення частних коефіцієнтів в рівняння (3) отримаємо:

$$\tau = \tau_{ц} + \delta'_{пр} + \delta'_{дб} - 2, \quad (4)$$

або

$$\tau = \frac{1}{\frac{1}{\tau_{ц}} + \frac{1}{\delta'_{пр}} + \frac{1}{\delta'_{дб}} - 2}. \quad (5)$$

Циклові втрати в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна.

$$\tau_{ц} = \frac{T_p}{T_p + T_x + T_{то}} = \frac{1}{1 + \frac{T_x + T_{то}}{T_p}}, \quad (6)$$

$$\frac{T_x}{T_p} = \frac{L_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x} = \frac{B_p \cdot K_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x}, \text{ при } V_p = V_x, \quad \frac{T_x}{T_p} = \frac{L_x}{L_p} = \frac{B_p \cdot K_x}{L_p}, \quad \frac{T_{то}}{T_p} = \frac{t_{ср\tau} \cdot n_{\tau} \cdot V_p \cdot 10^3}{L_{\tau} \cdot n_{\tau}} = \frac{t_{ср\tau} \cdot V_p \cdot B_p \cdot q_3}{10 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}, \text{ при } L_{\tau} = \frac{10^4 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}{B_p \cdot q_3}.$$

Підставимо дані залежності до виразу (6) і отримаємо:

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{B_p \cdot K_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x} + \frac{t_{ср\tau} \cdot V_p \cdot B_p \cdot q_3}{10 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}}, \quad (7)$$

де: $K_x = \frac{\bar{L}_x}{B_p}$ – кінематична характеристика зернозбирального комбайна (\bar{L}_x – середня довжина холостого ходу, яка визначена в межах одного робочого ходу, м); B_p – робоча ширина захвата зернозбирального комбайна, м; t_{cpT} – середній час на одну технологічну зупинку, год; n_T – кількість технологічних відмов; L_T – шлях від однієї до наступної технологічної відмови, м; V – ємність зернового бункера, м³; q_3 – фактична врожайність зернових колових сільськогосподарських культур, ц/га; α – коефіцієнт використання ємності бункера; γ – об'ємна маса зерна, ц/м³; V_p, V_x – швидкість, відповідно, руху зернозбирального комбайна на робочому і холостому ходах, км/год.

Виконаємо аналіз виразу (7). При русі зернозбирального комбайна під час роботи за колом і вивантаженням зерна без зупинки (на ходу) $\tau_{ц} = 1$.

При русі зернозбирального комбайна під час роботи за колом і вивантаженням зерна під час зупинки:

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{t_{cpT} \cdot V_p \cdot B_p \cdot q_3}{10 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}} \quad (8)$$

При русі зернозбирального комбайна під час роботи за гоном (і обмежмось, що довжина гону більше 500 метрів) і вивантаженням зерна без зупинки (на ходу):

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{B_p \cdot K_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x}} \quad (9)$$

якщо при цьому справджується рівність $V_p = V_x$, то:

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{B_p \cdot K_x}{L_p}} \quad (10)$$

Втрати часу з причини випадкових простоїв з технологічних несправностей, технічним відмовам і в очікуванні транспортних засобів:

$$\delta'_{пр} = \frac{T_{ц}}{T_{пр}} = \frac{T_{ц}}{T_{ц} + T_{п}} = \frac{1}{1 + \frac{T_{п}}{T_{ц}}} = \frac{1}{1 + \frac{t_{TO} + t_T + t_{TP}}{T_{ц}}} \quad (11)$$

Час випадкових простоїв t_{TO} з технологічних несправностей і t_T з технічних відмов можемо виразити через параметри потоку відмов з технологічних несправностей ω_1 і технічних відмов ω_2 , а також через час, який необхідний для усунення кожного виду простою.

Технологічні:

$$\frac{t_{TO}}{T_{ц}} = \frac{1}{T_{ц}} \cdot \bar{t}_{TO} = \frac{1}{T_1} \cdot \bar{T}_{B1} = \bar{\omega}_1 \cdot \bar{T}_{B1} \quad (12)$$

Технічні:

$$\frac{t_T}{T_{ц}} = \frac{1}{T_{ц}} \cdot \bar{t}_T = \frac{1}{T_2} \cdot \bar{T}_{B2} = \bar{\omega}_2 \cdot \bar{T}_{B2} \quad (13)$$

Висновок. Запропоновані викладки дозволили сформувати аналітичні підходи до аналізу експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Список літератури

1. *Бистрий О. М.* Достовірність контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 93–99.
2. *Бистрий О. М.* Методика визначення ресурсу за динамікою зношування деталей зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 1. – С. 171–176.
3. *Бистрий О. М.* Кількісні показники для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 182–189.
4. *Бистрий О. М.* Допустиме і граничне зношення деталей зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (1 березня 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – С. 71–73.
5. *Бистрий О. М.* Аналітичність технічного контролю безвідмовності зернозбирального комбайна / *О. М. Бистрий, І. Л. Rogovskiy* // Збірник тез доповідей XII Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці» (17-20 травня 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – С. 73–77.
6. *Александр Быстрый.* Определение рационального количества технического контроля механизмов зерноуборочного комбайна / *Александр Быстрый, Иван Rogovskiy* // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2013. – Том 15, №3. – Р. 313–319.
7. *Александр Быстрый.* Аналитические модели эксплуатационно-технологической безотказности зерноуборочных комбайнов / *Александр Быстрый, Иван Rogovskiy* // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2014. – Том 16, №3. – Р. 332–338.

References

1. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyu, I. L.* (2011). Dostovirnist' kontrolyu parametriv tekhnichnoho stanu sil'skohospodars'kykh mashyn [The accuracy of the control parameters of the technical condition of agricultural machinery]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., Vyp. 166, ch. 1, 93–99.
2. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyu, I. L.* (2011). Metodyka vyznachennya resursu za dynamikoyu znoshuvannya detaley zernozbyral'nykh kombayniv [The method of determining the resource dynamics of wear of combine harvesters]. Labor Tavria State Agrotechnical University. Melitopol', Vyp. 11, t. 1, 171–176.
3. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyu, I. L.* (2014). Kil'kisni pokaznyky dlya otsinky ekspluatatsiyno-tekhnolohichnoyi bezvidmovnosti zernozbyral'nykh kombayniv [Quantitative indicators for assessing operational and technological reliability of

combine harvesters]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., Vyp. 196, ch. 3, 182–189.

4. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyy, I. L.* (2016). Dopustyme i hranychne znoshennya detaley zernozbyral'nykh kombayniv [Valid and limit the wear of these parts combine harvesters]. Zbirnyk tez dopovidey XI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Obukhivs'ki chytannya» (1 bereznya 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 71–73.

5. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyy, I. L.* (2016). Analitychnist' tekhnichnoho kontrolyu bezvidmovnosti zernozbyral'noho kombayna [Analyticity of technical control of reliability of combine harvester]. Zbirnyk tez dopovidey XII Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi «Ratsional'ne vykorystannya enerhiyi v tekhnitsi» (17-20 travnya 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 73–77.

6. *Aleksandr, Bystryy. Ivan, Rohovskyi.* (2013). Opredelenye ratsyonal'noho kolychestva tekhnicheskoho kontrolya mekhanizmov zernouborochnoho kombayna [The definition of rational number technical control mechanisms combine harvester]. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 15, 3, 313–319.

7. *Aleksandr, Bystryy. Ivan, Rohovskyi.* (2014). Analytycheskye modely ekspluatatsyonno-tekhnolohycheskoy bezotkaznosti zernouborochnykh kombaynov [Analytical model of operational and technological reliability of combine harvesters]. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 16, 3, 332–338.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А. Н. Быстрый, И. Л. Роговский

Аннотация. *В процессе эксплуатации зерноуборочных комбайнов основным критерием эффективного использования их является максимально допустимая производительность при наименьших затратах живого и овеществленного труда с мерами соблюдения агротехнологической качества выполнения технологического процесса и требований охраны труда и воздействия на окружающую среду. Поэтому одним из действенных направлений обеспечения максимально допустимой производительности зерноуборочного комбайна является его эксплуатационно-технологическая безотказность.*

Для установления аналитической связи между показателями производительности зерноуборочного комбайна и его эксплуатационно-технологической безотказности, как сложной технической системы при заданной качества, необходимо применить общую теорию надежности и производительности, которые с высокой степенью достоверности можем применить отождествлен в производственных технологических процессов.

Ключевые слова: *анализ, эксплуатация, технологичность, безотказность, зерноуборочный комбайн*

ANALYSIS OF EXPLOITATION-TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF COMBINE HARVESTERS

O. M. Bystriy, I. L. Rogovskii

Abstract. *In the process of operation of combine harvesters, the main criterion of effective use is maximum productivity at the lowest cost of living and materialized labor with the measures compliance with agro-technological quality of the process and requirements of labor protection and the impact on the environment. Therefore, one of the most effective ways of ensuring maximum performance of the combine harvester is its operational and technological reliability.*

To establish the analytical relationship between the performance of combine harvester and its operational and technological reliability, as a complex technical system with a predetermined quality, it is necessary to apply the general theory of reliability and performance that with a high degree of reliability can apply are identified in the production processes.

Key words: *analysis, operation, manufacturability, reliability, combine harvester*

УДК 631.372.62

ANALYTICITY OF SPATIAL REQUIREMENTS FOR MAINTENANCE OF AGRICULTURAL MACHINERY

Ivan L. Rogovskii, Valentyna I. Melnyk
e-mail: rogovskii@yandex.ua

Abstract. *The spatial location system of service maintenance of the dealer, the main parameters of its functioning, defining the technical readiness of agricultural machinery, are the direct subject of the study.*

The development of agricultural commodity production, and associated industries, requires certain adjustments in the improvement of organization and technology service activities companies, dealer education system without returning to the forms, developed earlier for production and maintenance of large agricultural companies.

The landowner did not have time and opportunities for surveying intermediaries and bringing services to the solution of production problems due to the lack of the ability to maneuver production assets, ongoing attachment to processes of production, interruption of which is fraught with huge losses and damages.

Agricultural producers are in need of committed partners that are economically motivated and reacting promptly to problems as ensuring

© I. L. Rogovskii, V. I. Melnyk, 2016