

be considered as the system of phenomena, including: the effect of the wedge, the displacement of one part of the grain relative to another, the break with the tearing of the grain, the impact on shockproof hard support, shock on shock viscous support, oblique (sliding) punch and others.

Aware of all this and wanting to reduce crushing and damage of grain, it is advisable not only to exceed the critical velocity impact of the working bodies according to the respective grain crops, but also to improve the technological process and the working parts of the threshing and separating devices regarding damage to the grain. However, it should be noted that in any case it is not possible to get rid of damaged grains in the presence of attacks on the grain. This privedit to the replacement of the drum and the deck of the threshing and separating devices or almost unstressed unstressed corresponding devices.

Key words: grain damage, channel, scraper, elevator, combine harvester

УДК 631.31:64

МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ

Д. Ю. Калініченко, здобувач*
ORCID 0000-0002-3689-3467

І. Л. Роговський, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0002-6957-1616

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України**
e-mail: irogovskii@gmail.com

Анотація. Застосовуючи розроблений математичний апарат, проведена апроксимація експериментальних даних, які характеризують технологічність процесів операцій контролю параметрів технічного стану досліджуваних комбайнів за цикл технічного обслуговування, за видами, окремими параметрами технічного стану і роботам, які виконуються окремими виконавцями прийнятими моделюючими функціями.

Результати оцінки похибок апроксимації показують, що для різних процесів можна використовувати різні функції з метою

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

© Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський, 2018

отримання мінімальної похибки оцінки технічного стану зернозбиральних комбайнів.

Авторами представлені функції технологічності будувались на основі графіків трудонапруженості робіт, перелік подій і робіт, відповідних мережевих графіків.

Ключові слова: аналіз, система, стратегія, технічне обслуговування, зернозбиральний комбайн

Постановка проблеми. Європейський досвід забезпечення безвідмоності зернозбиральних комбайнів показав [1–10], що від того наскільки технічний об'єкт пристосований до технічного контролю параметрів технічного визначеними технічними засобами вимірювання значно залежить реалізація самого процесу забезпечення справного стану. Тому, не випадково, нормативні документи по контролепридатності передували нормативам по системам і процесам технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, а показники ефективності ідентичні між собою.

Аналіз останніх досліджень. В основному всі технології технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів складаються із технологічних карт по оцінці складових частин комбайна. Аналіз технологій технічного обслуговування комбайнів показує, що число виконавців робіт коливається від одного до шести-семи. Разом з тим в технологіях не вказані роботи, що виконуються кожним конкретним виконавцем, хоча методичні рекомендації і вказівки про необхідність розподілення обов'язків між членами ланки виконавців є в наявності.

Заслуговує уваги праці вчених Вороніна Д. М. і Привалова П. В. по вибору численності виконавців первинних підрозділів на основі графіків узгодження послідовності робіт, які виконуються конкретними виконавцями. Практична реалізація такого підходу здійснена Федоровим С. П., який розробив технологію обслуговування із закріпленням виконавців за певним видом робіт. Однак, в двох роботах розглядалось лише щозмінне технічне обслуговування.

В праці Хмелевого М. М. дано лінійний графік послідовності технічного обслуговування комбайна при третьому номерному обслуговуванні на посту діагностування з розподіленням робіт між двома виконавцями. В рекомендаціях ГОСНИТИ пропонується розподілити спочатку всі роботи у відповідності за кваліфікацією робітників, а потім після розрахунку їх зайнятості перекласти частину робіт з найбільш перенавантажених членів ланки на менш зайнятих. Недоліком цих рекомендацій є невизначеність критерія при закріпленні робіт за виконавцями.

В роботі Бойко Ю. Ф. використувані методи мережевого планування і управління для покращення технологій технічного

обслуговування. Автор розбиває роботи на залежні та незалежні, після чого послідовність залежних робіт встановлюється з врахуванням логічних зв'язків між ними, а незалежних – з використанням правила встановлення пріоритетів на основі критеріїв трудомісткості роботи, її позиційної ваги, сумарного бала, інформаційного навантаження працівника, мінімуму затрат часу.

Однак існуючі підходи не дозволяють скоротити тривалість процесу технічного обслуговування, що не дозволяє використовувати повний резерв скорочення тривалості забезпечення безвідмовності. Склад робіт не дозволяє оцінити вплив компонентів технічної системи відновлення. Крім того, більшість параметрів мережевої моделі ускладнює аналіз і порівняння технологій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів.

Мета досліджень узагальнити та виконати аналіз застосування математичного апарату опису моделювання операцій контролю параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів при технічному обслуговуванні.

Результати досліджень. Результати оцінки похибок апроксимації зведені в табл. 1, які показують, що для різних процесів можна використовувати різні функції з метою отримання мінімальної похибки. Разом з тим, найбільш проста функція виду відмічена при незначній похибці охоплює всі розглянуті процеси технічного контролю. Для цієї функції визначені показники достовірності коефіцієнтів апроксимації, які наведені в табл. 2.

1. Результати оцінки похибок апроксимації процесів технічного контролю.

Процес	Функція	Значення				
TK1	с	0,09...0,29	0,01...0,09	0,01...0,03	0,01...0,04	0,07...0,25
	т	0,09...0,31	0,01...0,05	0,0...0,02	0,01...0,03	0,07...0,24
	п	0,11...0,30	0,01...0,07	0,0...0,07	0,01...0,02	0,07...0,24
TK2	с	0,06...0,14	0,0...0,09	0,0...0,94	0,0...0,01	0,40...2,18
	т	0,05...0,14	0,0...0,05	0,0...0,85	0,0...0,01	0,22...1,43
	п	0,07...0,14	0,0...0,04	0,0...0,52	0,0...0,01	0,18...0,82
TK3	с	0,05...0,18	0,01...0,04	0,71...1,72	0,0...0,86	0,65...1,32
	т	0,06...0,19	0,01...0,04	0,30...4,0	0,0...0,35	0,29...1,0
	п	0,04...0,19	0,01...0,04	0,38...0,86	0,0...0,44	0,44...0,91
Виконавці	с	0,05...0,13	0,0...0,02	0,35...0,82	0,0...0,35	0,34...0,84
	т	0,06...0,21	0,0...0,02	0,13...0,53	0,0...0,25	0,12...0,56
	п	0,04...0,16	0,0...0,01	0,10...0,45	0,0...0,20	0,12...0,43
Параметри	с	0,08...0,16	0,0...0,02	0,34...1,13	0,0...0,59	0,47...1,69
	т	0,06...0,10	0,0...0,03	0,26...0,85	0,0...0,48	0,27...0,81
	п	0,09...0,21	0,0...0,02	0,19...0,97	0,0...0,26	0,14...1,01

2. Середні значення коефіцієнтів апроксимації і показники їх достовірності.

Процес	№	Система			Комбайн			Прилад				
		ϵ	S_{ϵ}	t_{05}	ϵ	S_{ϵ}	t_{05}	ϵ	S_{ϵ}	t_{05}		
TK1	Базова	10	1,07	0,02	2,31	0,66	0,02	2,31	0,41	0,02	2,31	
	Операційна	11	1,6	0,04	2,26	1,02	0,03	2,26	0,59	0,02	2,26	
TK2	Базова	25	1,33	0,03	2,07	0,90	0,02	2,07	0,54	0,02	2,07	
	Операційна	29	1,7	0,02	2,05	1,03	0,01	2,05	0,65	0,01	2,05	
TK3	Базова	32	1,54	0,02	2,04	0,73	0,015	2,04	0,81	0,015	2,04	
	Операційна	35	2,33	0,02	2,04	1,13	0,02	2,04	1,2	0,01	2,04	
Виконавці	Комбайнер	Баз.	26	0,5	0,01	2,06	0,39	0,01	2,06	0,11	0,01	2,06
		Опер.	26	0,74	0,01	2,06	0,54	0,01	2,06	0,20	0,01	2,07
	Слюсар	Баз.	24	0,35	0,01	2,07	0,20	0,01	2,07	0,25	0,01	2,07
		Опер.	19	0,78	0,01	2,11	0,51	0,01	2,11	0,37	0,01	2,11
	Майстер	Баз.	8	0,33	0,01	2,11	0,20	0,01	2,45	0,13	0,01	2,45
		Опер.	24	0,77	0,01	2,07	0,37	0,01	2,07	0,40	0,01	2,07
Окремі параметри		20	1,04	0,01	2,10	0,66	0,02	2,10	0,37	0,015	2,10	

Із даних табл. 2 видно, що об'єм вибірок, тобто степінь розчленування процесу у відповідності з прийнятою методикою декомпозиції є достатнім. Критерій суттєвості коефіцієнтів апроксимації рівний і значно перевищує табличні дані при 5% рівні значущості, отже функція апроксимації є значущою.

Функції технологічності будувались на основі графіків трудонапруженості робіт, перелік подій і робіт, відповідних мережових графіків. На рис 1. дані графіки трудонапруженості робіт по ТК1 комбайнів групи 1.

Прямокутниками в суцільних лініях зображені роботи по підготовчих, основних і заключних етапів для кожного технічного контролю параметру, а прямокутниками в пунктирних лініях – затрати праці по одному чи групі параметрів, що мають підготовчі і заключні роботи. Із графіка наочно видно трудонапруженість робіт по даному виду технічного контролю і по кожному параметру. Як видно, трудонапруженість параметру «тиск в шинах» аналогічна для всіх типів комбайнів, а відмінність трудонапруженості параметрів «натяг привідних пасів» і «рівень електроліту в акумуляторі» пояснюється конструктивними особливостями комбайнів (три паси, два акумулятори). Із графіку видно, що значну частку при оцінці натягу привідних пасів на комбайні № 1 і рівні електроліту в акумуляторах комбайнів №1 і №2 займають підготовчо-заключні роботи. Для цих параметрів побудовані криві трудонапруженості робіт на основі прийнятої по елементної декомпозиції, які показують, що кожний об'єкт характеризується, в основному, трьома ділянками (піками), що відповідають етапам робіт.

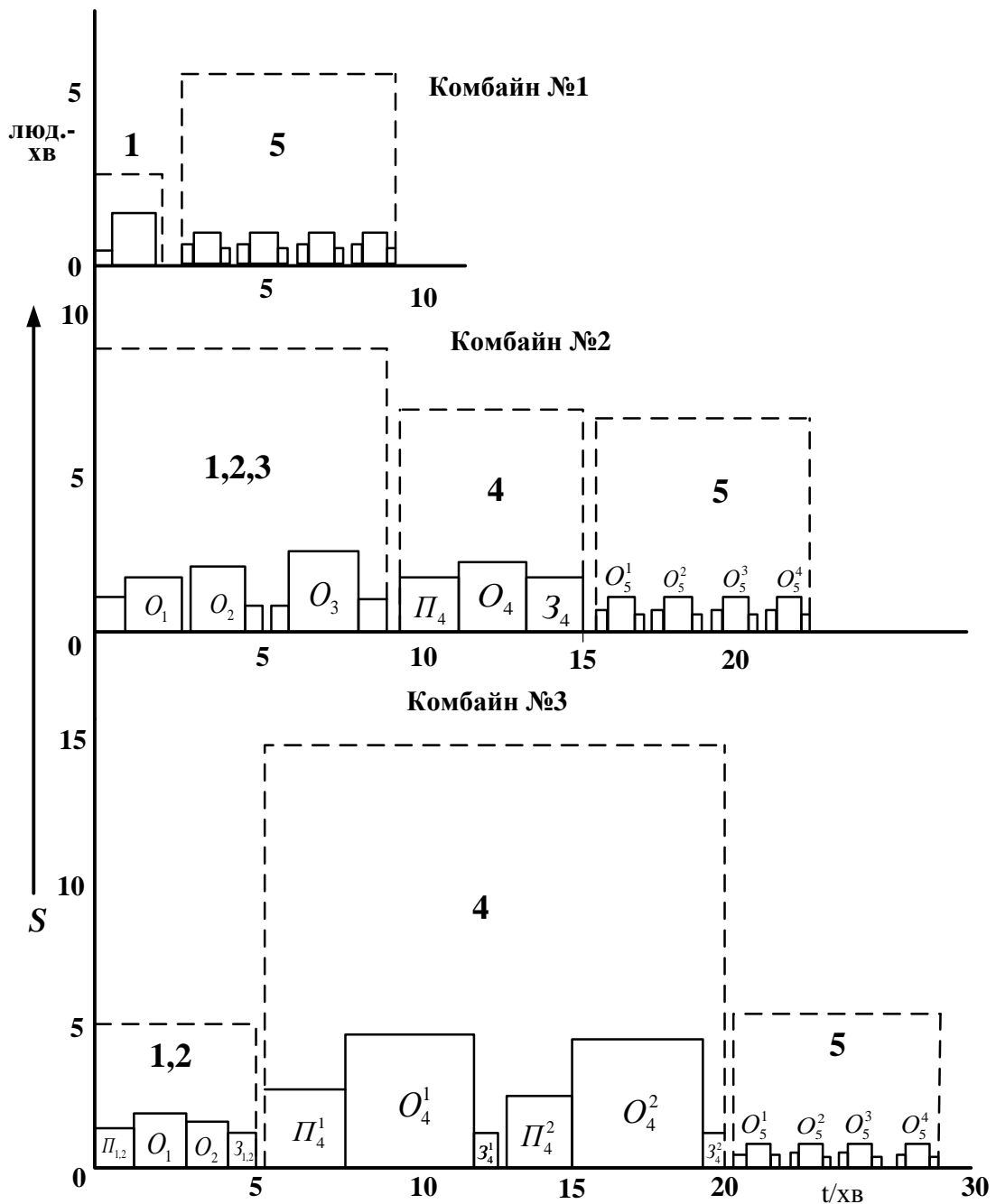


Рис. 1. Трудонапруженість робіт при ТК1 комбайнів. Параметри: 1, 2, 3 – відповідно натяжні ремені вентилятора, генератора, компресора; 4 – рівень електроліту в акумуляторі; 5 – тиск повітря в шинях. Етапи робіт: П – підготовчий; О – основний; З – заключний.

Крайні ділянки (рис. 1) яскраво виражені і свідчать про велику трудомісткість підготовчо-заклучних робіт (допоміжних) робіт по комбайну, а середня ділянка – характеризує метод технічного контролю (основні роботи). Тобто, якщо крива, яка з'єднує точки-вершини підготовчих, основних і допоміжних робіт, буде увігнутою, то необхідно вдосконалювати конструкцію комбайна, якщо випуклою – метод технічного контролю. З цього випливає, що необхідно

покращувати доступність до акумуляторів і удосконалювати сам метод контролю рівня електроліту в акумуляторах, а по параметру «натяг пасу вентилятора» – удосконалювати в першу чергу конструкцію комбайна.

Операційні технології склались відповідно методики для двох виконавців, в результаті якої показники технологічності для ТК2 комбайнів №4, №1, №2, №3 збільшились до 1,5...1,8. При цьому інтенсивність роботи окремого виконавця збільшилась від 0,75 до 0,90. Удосконалення технологічності процесу ТК2 приведено на прикладі комбайна №2. В існуючій (базовій) технології використання робочого часу виконавцями є нерівномірним. Слюсар використовує менше ніж на половині тривалості процесу. Комбайнер простоє при оцінці майстром зазорів в клапанному механізмі і куту нахилу важеля муфти зчеплення. Майстер очікує момент створення необхідного режиму для перевірки гальмівної системи після оцінки технічного стану муфти зчеплення. В операційні технології включені параметри, передбачені нормативними документами. По можливості, застосовувались методи технічного контролю, які потребують мінімальних підготовчо-заклучних робіт. Тому при ТК3 здійснювалось з прив'язкою до режиму оцінки техніко-економічних показників гальмівним або парціальним методом. Це дає можливість проводити виміри на найбільш інформативному режимі таких параметрів, як тиск картерних газів, тиск наддуву, розрідження у впускному колекторі і за повітроочисником і ін., а також забезпечити перевірку параметрів паливного насоса без зняття його з комбайна.

Ефективність запропонованих заходів по вдосконаленню процесу технічного контролю оцінювалась по зміні функції технологічності і її показника. Функція технологічності базових технологій має значні скачки абсцис і ординат, які викликані великим об'ємом робіт окремих операцій і нераціональною їх послідовністю. Довжина вектора функції, який характеризує операційну технологію зменшилась, що свідчить про скорочення об'єму робіт, а його кут нахилу до осі ординат, тангенс якого дорівнює показнику технологічності – збільшився. В табл. 3. приведені значення показників технологічності процесу за видами і за цикл технічного контролю для всього об'єму робіт і приведені на одного виконавця.

Дані табл. 3 наочно показує підвищення рівня технологічності тобто інтенсивності технічного контролю, яке склало за ТК1 – в 1,5 рази, за ТК2 – в 1,8 рази, за ТК3 – в 1,53 і за цикл ТО – в 1,4 рази. Зміна показників технологічності, приведених до одного виконавця відповідно складає 0,86; 1,35; 2,12; 1,49. Зменшення приведенного показника за ТК1 пояснюється виконанням робіт двома виконавцями

замість одного. Однак, при цьому скоротилась тривалість процесу, що є одним із важливих показників ефективності технічного контролю.

3. Значення показників інтенсивності технічного контролю за базовими та операційними технологіями.

Комбайн і технологія	ТК1		ТК2		ТК3		Цикл ТО	
	ε	ε'	ε	ε'	ε	ε'	ε	ε'
Комбайн №1								
базова	0,97	0,97	1,29	0,65	1,42	0,47	1,29	0,63
операційна	1,6	0,8	1,5	0,75	2,49	0,83	1,95	0,80
Комбайн №2								
базова	0,96	0,96	1,25	0,63	1,51	0,38	1,39	0,50
операційна	1,43	0,72	1,7	0,85	2,39	0,8	2,05	0,80
Комбайн №3								
базова	0,97	0,97	1,3	0,65	1,46	0,49	1,30	0,65
операційна	1,67	0,83	1,8	0,90	1,98	0,66	1,83	0,73
Комбайн №4								
базова	0,98	0,98	1,29	0,65	1,32	0,26	1,21	0,59
операційна	1,77	0,88	1,7	0,85	2,1	0,7	1,88	0,80
Середнє значення								
базова	0,97	0,97	1,44	0,64	1,43	0,49	1,30	0,59
операційна	1,62	0,83	1,68	0,84	2,24	0,75	1,93	0,78

Висновок. В результаті виконаної роботи з удосконалення технологічності процесів операцій контролю параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів при технічному обслуговуванні тривалість операційних технологій в порівнянні з базовими зменшилась, в середньому, за ТК1 на 40%, за ТК2 на 26,4%, за ТК3 на 56,6%, за цикл ТО – на 44,5%.

Список літератури

1. Калініченко Д. Ю., Rogovskiy I. Л. Аналітичні положення визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки, технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2017. Вип. 21 (35). С. 55–61.
2. Калініченко Д. Ю., Rogovskiy I. Л. Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.
3. Калініченко Д. Ю., Rogovskiy I. Л. Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.
4. Калініченко Д. Ю., Rogovskiy I. Л. Математичний апарат опису маршруту технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням виявлення комбінацій відмов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і

- природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 337–346.
5. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan*. Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179–184.
6. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan*. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. ТЕКА. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 103–114.
7. *Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Rogovskii І. Л.* Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки: монографія. Київ. НУБіП України. 2016. 360 с.
8. *Rogovskii І. Л.* Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2015. Вип. 159. С. 224–232.
9. *Rogovskii Ivan*. Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2014. Том 16. №3. P. 296–302.
10. *Rogovskii І. Л.* 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.

References

1. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2017). Analytical position determination of the coefficient of dynamic parameters of the technical condition of combine harvesters. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. Vol. 21 (35). 55–61.
2. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of АПК. Kyiv. Vol. 258. 380–390.
3. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of АПК. Kyiv. Vol. 262. 353–361.
4. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2017). Mathematical apparatus of the description of the route maintenance of combine harvesters in accordance with the detection of combinations of failures. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of АПК. Kiev. Vol. 275. 337–346.
5. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan*. (2017). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. Vol. 19. No 3. 179–184.
6. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan*. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. ТЕКА. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. 103–114.
7. *Voytyuk, V. D., Rublyov, V. I., Rogovskii, I. L.* (2016). System guidelines for quality assurance of technical service of agricultural machinery. Kiev. NULESU. 360.

8. Rogovskii, I. L. (2015). Recovery Assembly units of agricultural machines. Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 159. 224–232.
9. Rogovskii Ivan. (2014). Stochastic models ensure efficiency of agricultural machinery. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 16. № 3. 296–302.
10. 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. Kiev. Vol. 262. 403–411.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

Д. Ю. Калиниченко, И. Л. Rogovskii

Аннотация. *Применяя разработанный математический аппарат, проведена аппроксимация экспериментальных данных, характеризующих технологичность процессов операций контроля параметров технического состояния исследуемых комбайнов за цикл технического обслуживания, по видам, отдельными параметрами технического состояния и работам, которые выполняются отдельными исполнителями принятыми моделирующими функциями.*

Результаты оценки погрешностей аппроксимации показывают, что для различных процессов можно использовать различные функции с целью получения минимальной погрешности оценки технического состояния зерноуборочных комбайнов.

Авторами представлены функции технологичности строились на основе графиков трудонагруженности работ, перечень событий и работ, соответствующих сетевых графиков.

Ключевые слова: *анализ, система, стратегия, техническое обслуживание, зерноуборочный комбайн*

MODELING OF OPERATIONS OF CONTROL PARAMETERS OF TECHNICAL STATE OF COMBINE HARVESTERS DURING MAINTENANCE

D. Yu. Kalinichenko, I. L. Rogovskii

Abstract. *Applying the mathematical apparatus, carried out approximation of experimental data characterizing the technological processes of the operations of the control parameters of the technical condition of the investigated combines a maintenance cycle, by types, certain parameters of the technical condition and work performed individual performers accepted modeling functions.*

The results of the evaluation of the errors of approximation show that for different processes, you can use various functions with the aim of

obtaining the minimum error of estimation of technical condition of combine harvesters.

The authors present the functions of the technological was built on the basis of the graphs tradeplane works, a list of events and activities of their respective networks.

Key words: analysis, system, strategy, technical maintenance, combine harvester

УДК 631.3.004

МЕХАТРОННІ ВЛАСТИВОСТІ СИСТЕМ СИНТЕЗУ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ВНУТРІШНІХ ХВОРОБ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

***В. Д. Войтюк, доктор технічних наук
ORCID 0000-0002-6957-1616***

***І. Л. Роговський, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0002-6957-1616***

***Національний університет біоресурсів і
природокористування України
e-mail: irogovskii@gmail.com***

Анотація. *В результаті виконаної роботи обґрунтовані аналітичні моделі опису вихідного структурного стану досліджуваних реєстрів клінічних показників тварин в системах технічного забезпечення ранньої діагностики внутрішніх хвороб великої рогатої худоби. Авторами встановлені аналітичні моделі опису комп'ютерної обробки вимірювальної інформації в системах технічного забезпечення ранньої діагностики внутрішніх хвороб великої рогатої худоби. Також визначено аналітичні моделі опису оцінки адекватності обробки вимірювальної інформації в системах технічного забезпечення ранньої діагностики внутрішніх хвороб великої рогатої худоби.*

В даному рішенні використовується синергетичний підхід, згідно з яким будь-яка взаємодія природних систем призводить до обміну між ними речовиною, енергією та інформацією. При цьому одна із систем (рання діагностика внутрішніх хвороб великої рогатої худоби) є випромінювачем, інша (технічна мехатронна система) – акумулятором. При раптовому скиданні синергетики першої із систем, інша система може накопичувати надлишкову

© В. Д. Войтюк, І. Л. Роговський, 2018