

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ СТАНИ І ЕЛЕМЕНТИ НАДІЙНОСТІ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Лімонт А.С., к.т.н., доцент

(Житомирський національний агроекологічний університет)

Досліджені основні експлуатаційні стани льонозбиральних комбайнових агрегатів. Визначені оцінні показники тривалості усунення технологічних відмов комбайнів. Наведені модельні рівняння і лінії регресії продуктивності агрегатів на оцінні показники надійності льонозбиральних комбайнів.

Постановка проблеми. В сучасних умовах в льонозбиральних країнах, що виникли на теренах колишнього Радянського Союзу, льон-довгунець збирають комбайновим, роздільним та сноповим способами. Проте перспективним вважають збирання за комбінованою технологією, за якої одну частину посівів збирають роздільним способом, а решту – комбайнами. Ефективність використання комбайнів оцінюють низкою показників, серед яких чільне місце займає продуктивність льонозбиральних комбайнових агрегатів (ЛЗКА) за годину змінного часу. В цьому повідомленні висвітлені деякі з питань проблеми підвищення ефективності використання засобів механізації на збиранні льону-довгунця.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням ЛЗКА займався значне число науковців, серед яких І.В. Баранов, М.Н. Биков, М.А. Бутко, Г.П. Водяницький, А.Ю. Горбовий, Д.П. Доманчук, Ю.Ф. Лачуга, О.О. Налобіна, В.Н. Рябцев, О.В. Сидорчук, Л.А., Сулима, Г.А. Хайліс, В.О. Шейченко, М.Н. Шрейдер та ін. Дослідників за питаннями, що їх вивчали, можна розділити на три групи. Одні досліджували енергетичні властивості комбайнів, а саме їхній тяговий опір і споживану потужність на привод робочих органів від вала відбору потужності трактора та пропускну спроможність машини. Другі вивчали якісні показники роботи комбайна за втратами за бральною частиною і якістю очісування стебел та їх укладання в стрічку при сході з розстиляльного щита. Третя група дослідників оцінювала використання ЛЗКА за їх продуктивністю з урахуванням часу роботи агрегатів впродовж зміни. Оцінним показником корисного використання машинних агрегатів впродовж зміни є коефіцієнт використання робочого часу. За [1] норматив цього коефіцієнта для ЛЗКА з урахуванням природно-економічних районів льонозбирання коливається в межах 0,74...0,80. Дослідження ЛЗКА в реальних умовах збирання льону-довгунця показали, що емпіричний розподіл коефіцієнта використання робочого часу мав середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації відповідно 0,54 і 0,15 та 27,8% [2]. Коефіцієнт використання робочого часу формується відповідними складовими балансу часу зміни, які у свою чергу залежать від експлуатаційних станів ЛЗКА. Методологічні засади формування робочих станів і простоїв

машинних агрегатів, які характеризують та визначають продуктивність сільськогосподарської техніки, опрацьовані проф. Л.В. Погорілим [3]. При оцінюванні продуктивності агрегатів Л.В. Погорілий серед низки експлуатаційних коефіцієнтів рекомендує використовувати і коефіцієнт технологічної надійності машин. Експлуатаційні коефіцієнти залежать від тривалості інтервалів часу роботи та обслуговування машин, що формуються під впливом регулярних і випадкових факторів, наприклад, технологічних відмов [3]. Технологічні відмови льонозбиральних комбайнів, тривалість яких пов'язана з очищенням робочих органів машини, охарактеризовані раніше [4, 5, 6]. При цьому були використані результати досліджень інших науковців. Відмови зумовлюють відповідні простої ЛЗКА, що разом з робочими ходами формують в цілому експлуатаційні стани машинних агрегатів, які визначають ефективність їх використання впродовж зміни [3].

Мета дослідження – підвищити ефективність використання ЛЗКА.

Завдання дослідження: 1) охарактеризувати експлуатаційні стани ЛЗКА; 2) дослідити розподіли складових балансу часу зміни ЛЗКА; 3) визначити оцінні показники тривалості усунення технологічних відмов льонозбиральних комбайнів та ефективності використання ЛЗКА; 4) оцінити зміну продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу залежно від показників тривалості усунення технологічних відмов льонозбиральних комбайнів.

Об'єкт та методика дослідження. Об'єктом дослідження був технологічний процес збирання льону-довгунця комбайновими агрегатами у складі тракторів класу 1,4, льонозбиральних комбайнів ЛК-4Т та двовісних причепів 2ПТС-4М. Методика оцінювання технологічного процесу комбайнового збирання базувалася на аналізі листів хронометражних спостережень за використанням відповідних машинних агрегатів. Листи хронометражних спостережень опрацьовували за стандартними методиками, а побудову циклограм використання ЛЗКА для визначення складових часу зміни і оцінювання експлуатаційних станів комбайнів здійснено за методикою [7]. За оцінні показники тривалості усунення технологічних відмов прийняті: 1) власне ця тривалість впродовж зміни; 2) частка цієї тривалості в структурі часу зміни; 3) частковий коефіцієнт використання часу усунення технологічних відмов (ЧКВЧУТВ), який визначали як частку від ділення різниці тривалості зміни і тривалості усунення технологічних відмов на тривалість зміни; 4) коефіцієнт надійності технологічного процесу, який визначали як частку від ділення чистого часу роботи агрегату впродовж зміни на суму цього часу і тривалості усунення технологічних відмов. При виборі вказаних оцінних показників були враховані напрацювання і рекомендації Х.Г. Барама, Ю.В. Будько, Г.В. Веденяпіна, М.К. Діденка, С.А. Іофінова, Ю.К. Кіртбая, Б.О. Лінтварьова, В.М. Міхліна, Л.В. Погорілого, Б.С. Свірщевського, М.Е. Фере, В.Й. Фортуні, М.М. Широ́ва та співавторів деяких з перерахованих науковців. Обробка зібраного і опрацьованого статистичного матеріалу здійснена з використанням джерел [8, 9, 10] та стандартних комп'ютерних програм.

Результати дослідження. Одна з характерних циклограм роботи ЛЗКА в реальних умовах збирання льону-довгунця визначених урожайностей насіння і

соломи, густоти і вирівняності стеблостою, загальної і технічної висоти стебел, їх діаметра та коробочності і довжини суцвіття наведена на рис. 1. В лівій частині циклограми наведений перелік виконуваних операцій, які виступають як окремі експлуатаційні стани ЛЗКА [3]. Сума тривалостей відповідних операцій впродовж робочого дня виступає як одна із складових експлуатаційного балансу часу зміни машинного агрегату.

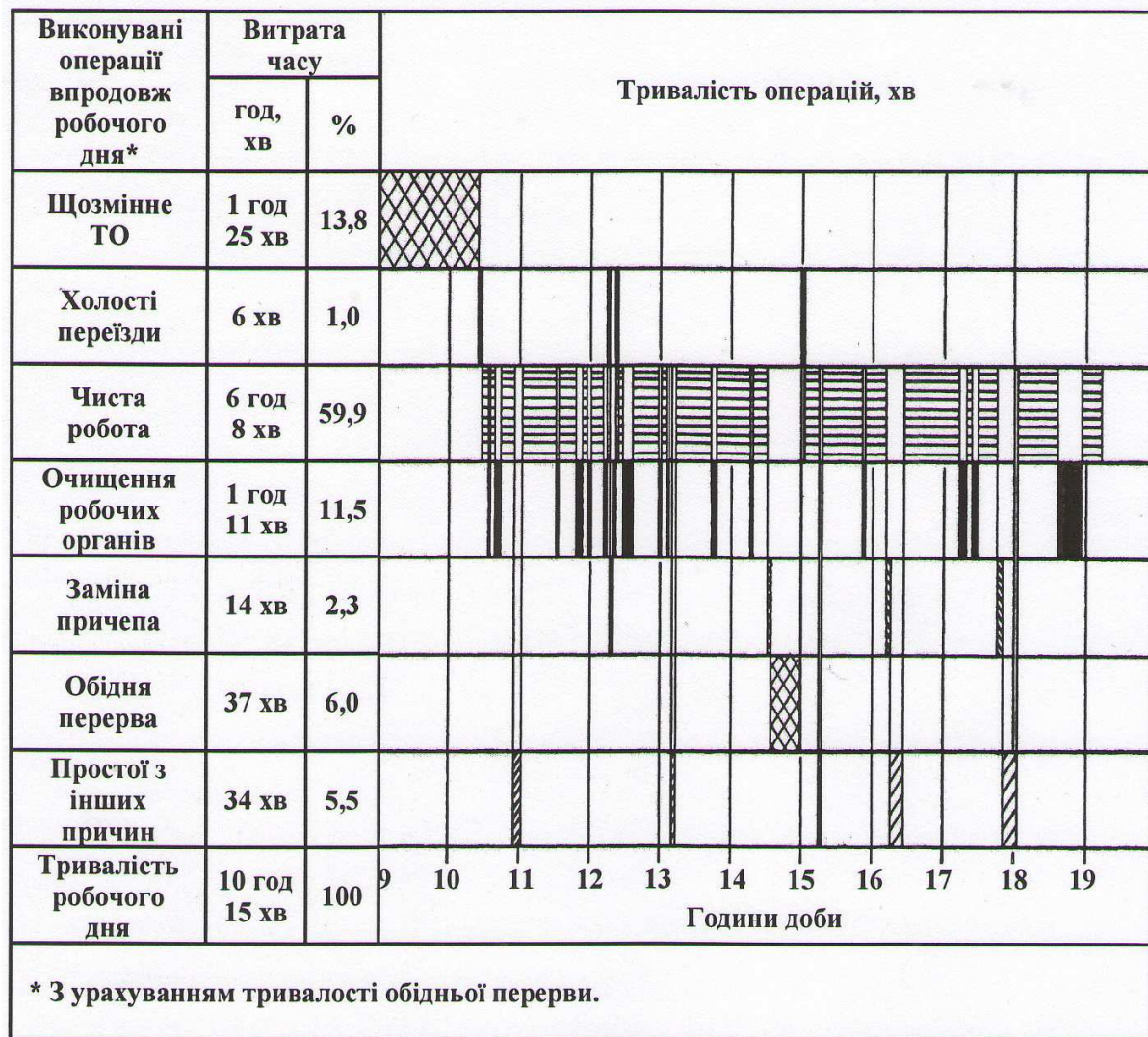


Рисунок 1 – Циклограма роботи льонозбирального комбайнового агрегату для оцінювання його експлуатаційних станів

З використанням опрацьованих циклограм роботи ЛЗКА впродовж 27 агрегато-змін визначені основні статистичні параметри емпіричних розподілів експлуатаційних станів досліджуваних машинних агрегатів та оцінні показники тривалості усунення технологічних відмов льонозбиральних комбайнів. Результати відповідних розрахунків наведені в табл. 1.

В графічній інтерпретації деякі з досліджуваних розподілів, що оцінюють складові часу зміни і відповідно експлуатаційні стани ЛЗКА, у вигляді окремих полігонів наведені на рис. 2.

Таблиця 1 – Основні статистичні параметри розподілів при вивченні експлуатаційних станів ЛЗКА та оцінних показників тривалості усунення технологічних відмов льонозбиральних комбайнів

Досліджувані показники	Розмах варіювання	Середнє арифметичне значення	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Показник міри		Відношення показника міри до своєї помилки для	
					асиметрії	ексцесу	асиметрії	ексцесу
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тривалість зміни $T_{зм}$, год	1,73...11,07	7,14	2,20	30,8	-0,58	-0,58	1,36	0,68
Чистий робочий час T_p , %	17,6...86,0	54	15,2	28,1	-0,45	-0,63	1,05	0,74
Тривалість щозмінного технічного обслуговування, хв	9...133	63	33	52,4	0,38	-0,88	0,71	0,82
Тривалість простоїв з організаційних причин, хв/%	$\frac{0...80,4}{0...25,4}$	$\frac{22,3}{5,3}$	$\frac{23,7}{5,8}$	$\frac{106,3}{109,4}$	$\frac{1,38}{1,83}$	$\frac{0,21}{1,93}$	$\frac{2,93}{3,88}$	$\frac{0,22}{2,05}$
Тривалість заміни причепа з ворохом $t_{зтз}$, хв	1,0...10,0	4,3	1,6	37,0	0,46	-0,38	1,47	0,61
Тривалість обідньої перерви $T_{об}$, хв	1...95	53	25	47,2	-0,33	-1,00	0,72	1,10
Тривалість усунення технологічних відмов $T_{тв}$, хв	0...404	109	93	85,3	1,61	1,83	3,42	1,94
Частка затрат часу на усунення технологічних відмов в структурі часу зміни $k_{тв}$, %	0,8...70,2	22,6	16,9	74,8	1,10	0,25	2,23	0,26
Частковий коефіцієнт, що враховує простої із-за усунення технологічних відмов $\tau_{тв}$	0,26...1,0	0,77	0,17	22,1	0,84	-3,05	1,78	3,24
Коефіцієнт надійності технологічного процесу $k_{тн}$	0,16...1,0	0,69	0,19	27,5	-0,37	-0,51	0,78	0,54
Продуктивність за годину змінного часу $W_{гз}$, га/год	0,11...0,75	0,47	0,14	29,8	-0,35	-0,21	0,74	0,22

З табл. 2 і рис. 2 видно, що для більшості досліджуваних станів і в тому числі «чиста робота» за показниками скошеності і пологості властиве незначне відхилення від нормального розподілу, що підтверджується і розрахунком χ^2 -критерію Пірсона. Проте, що стосується простоїв з організаційних причин та усунення технологічних відмов, то їх розподіли мають асиметричний характер за відношень показників асиметрії до своїх помилок відповідно 2,93...3,88 і 3,42. На асиметричність розподілів простоїв машинних агрегатів різного технологічного призначення вказував і проф. Л.В. Погорілий [3].

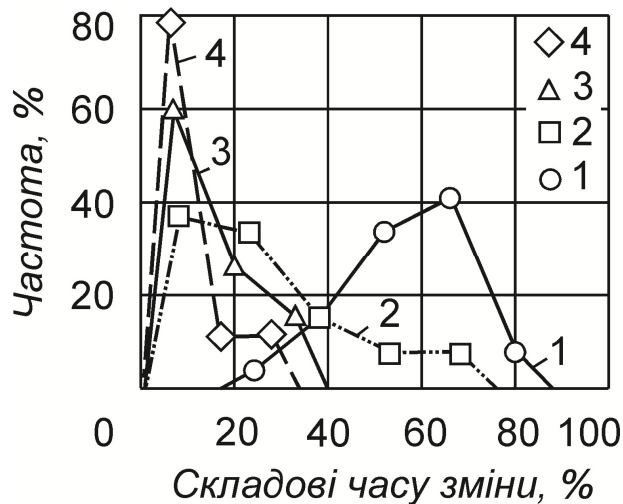


Рисунок 2 – Розподіли деяких складових часу зміни (у відсотках від її тривалості) льонозбиральних комбайнових агрегатів: 1 – чиста робота (основний час); 2 – простої із-за очищення робочих органів (технологічних відмов); 3 – простої із-за виконання щозмінного технічного обслуговування; 4 – простої із-за організаційних причин

В структурі часу зміни найбільш тривалими виявилися експлуатаційні стани (табл. 1), що визначають чисту роботу машинних агрегатів (17,6...86,0%) та усунення технологічних відмов (0,8...70,2%), які зумовлені очищенням робочих органів. Експлуатаційний стан, що зумовлений простоями агрегатів із-за організаційних причин, за тривалістю в структурі часу зміни доходить до 25% (80 хв). Простої, що спричинені обідньою перервою і щозмінним технічним обслуговуванням, за спостереженнями можуть становити відповідно 95 і 133 хв, а що пов'язані із однією заміною причепа для вороха коливаються в межах 1,0...10 хв. Отже, найбільш тривалими є експлуатаційні стани «чиста робота» і «очищення робочих органів», які і формують продуктивність ЛЗКА, як одного з основних показників ефективності їх використання. Стосовно емпіричного розподілу продуктивності агрегатів спостережуваний χ^2 -критерій дорівнював 1,12. За таблицями квантилів χ^2 -розподілу при числі ступенів вільності 1 на рівні значущості 0,05 критичний χ^2 -критерій дорівнює 3,84 [8]. Оскільки $1,12 < 3,84$, то відсутні підстави для відхилення нульової гіпотези. Про нормальний закон розподілу продуктивності ЛЗКА свідчить і визначення його асиметричності і ексцесивності (табл. 1).

Якісне з'ясування впливу оцінних показників тривалості усунення технологічних відмов на продуктивність ЛЗКА здійснено шляхом кореляційного аналізу. Визначені коефіцієнти кореляції відповідних парних зв'язків та кореляційних відношень результативної ознаки по прийнятих факторіальних наведені в табл. 2.

З табл. 2 видно, що у трьох з чотирьох досліджуваних зв'язків чисельні значення кореляційних відношень перевищують значення коефіцієнтів кореляції, а в одному із зв'язків кореляційне відношення лише на 0,007 менше відповідного коефіцієнта кореляції. Таке спонукає до визначення характеру і форми зв'язку між результативною і факторіальними ознаками. Перевірку лінійності відповідних зв'язків здійснили за t -критерієм Стьюдента [8],

спостережувані (розрахункові) значення яких наведені в табл. 2. При групуванні експериментальних даних і складанні кореляційних таблиць результативна і факторіальні ознаки були розчленовані кожна на п'ять статистичних груп.

Таблиця 2 – З'ясування характеру зміни та зміна продуктивності ЛЗКА $W_{ГЗ}$ (га/год) залежно від оцінних показників тривалості усунення технологічних відмов льонозбиральних комбайнів

Оцінний показник тривалості усунення технологічних відмов	Коефіцієнт кореляції	Кореляційне відношення	Розрахунковий t -критерій	Рівняння регресії	Показник оцінювання вирівнювання	Помилка рівняння регресії, га/год	Коефіцієнт детермінації
1	2	3	4	5	6	7	8
Тривалість усунення технологічних відмов $T_{ТВ}$, хв	-0,711	0,751	-1,75	$W_{ГЗ} = 0,217 + 14,28/T_{ТВ}$	0,19	0,09	0,564
Частка тривалості усунення технологічних відмов в структурі часу зміни $k_{ТВ}$, %	-0,635	0,628	-1,42	$W_{ГЗ} = 0,319 + 1,769/k_{ТВ}$	0,22	0,11	0,394
Частковий коефіцієнт, що враховує простойі із-за усунення технологічних відмов $\tau_{ТВ}$	0,587	0,628	1,24	$W_{ГЗ} = 0,720 - 0,184/\tau_{ТВ}$	0,07	0,11	0,394
Коефіцієнт надійності технологічного процесу $k_{ТН}$	0,523	0,605	1,06	$W_{ГЗ} = 0,646 - 0,113/k_{ТН}$	0,08	0,11	0,366

Отже, при визначенні критичних t -критеріїв число ступенів вільності становило 3. Критичні (табличні) t -критерії вибирали із таблиць розподілу Стюдента [9], входами в які є числа ступенів вільності і прийняті рівні значущості. За числа ступенів вільності 3 по рівню значущості 0,05 табличний критерій Стюдента $t_T = 3,18$ [9]. З табл. 2 видно, що залежно від досліджуваного парного зв'язку розрахункові t -критерії мають значення в межах $t_p = 1,06 \dots 1,75$. Оскільки спостережувані (розрахункові) t -критерії у всіх досліджуваних зв'язках менші табличного, то по рівню довірчої ймовірності 0,95 слід вважати, що лінійні моделі не узгоджуються з експериментальними даними. За нанесеними в графічному поданні (рис. 3) кореляційними полями «продуктивність – оцінні показники тривалості усунення технологічних відмов» простежується, що пошук криволінійних форм зв'язку доцільно вести шляхом апроксимації експериментальних даних продуктивності ЛЗКА рівняннями нерівнобічної гіперболи.

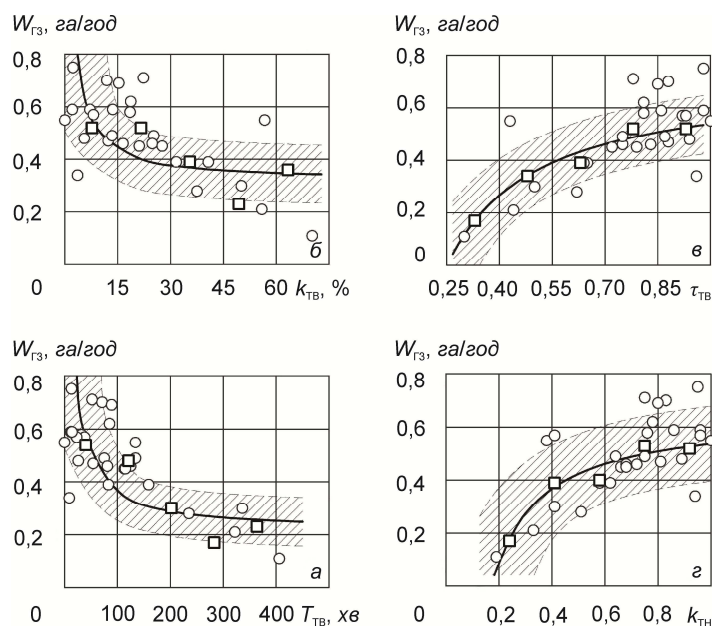


Рисунок 3 – Кореляційні поля продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу $W_{ГЗ}$ та прогнозована її зміна за гіперболічними кривими спадаючими залежно від тривалості усунення технологічних відмов $T_{ТВ}$ (а) і частки цієї тривалості в структурі часу зміни $k_{ТВ}$ (б) та зростаючими залежно від ЧКВЧ із-за простоїв на усунення технологічних відмов $\tau_{ТВ}$ (в) і коефіцієнта надійності технологічного процесу льонозбирального комбайна $k_{ТН}$ (з)

Знайдені сталі коефіцієнти гіперболічних функцій, рівняння яких наведені в табл. 2. Стосовно кожного з рівнянь визначена основна помилка вирівнювання експериментальних даних та її відношення до середнього значення результативної ознаки. Це відношення назвали показником оцінювання вирівнювання. Вирівнювання за відповідною прогностичною функцією вважають задовільним, якщо розраховане значення вказаного відношення не перевищує 0,1 [9]. З табл. 2 видно, що для деяких з прогностичних функцій умова задовільного вирівнювання забезпечується. За визначеними кореляційними відношеннями і середніми квадратичними відхиленнями продуктивності розраховували помилки рівнянь криволінійної регресії [10]. Розраховані помилки (табл. 2) коливаються в межах 0,09...0,11 га/год, що значно менше меж зміни продуктивності ЛЗКА (0,11...0,75 га/год). За рівняннями, що наведені в табл. 2, побудовані криві зміни продуктивності $W_{ГЗ}$ залежно від оцінних показників тривалості усунення технологічних відмов (рис. 3). Обабіч побудованих кривих пунктирними лініями на рис. 3 вказана заштрихована зона, що характеризує можливу зміну результативної ознаки з урахуванням помилок рівнянь криволінійної регресії.

За першими членами гіперболічних рівнянь, що являють їх асимптоти, можна констатувати про граничне зниження продуктивності ЛЗКА, яка зумовлена їх простоями із-за усунення технологічних відмов комбайна. Із заокругленням граничне зниження продуктивності може сягати 0,22 і 0,32 га/год. За зростаючими гіперболами та їх асимптотами підвищення коефіцієнта надійності технологічного процесу льонозбирального комбайна та підвищення часткового коефіцієнта часу зміни, що враховує простой із-за усунення

технологічних відмов, зумовлює підвищення продуктивності ЛЗКА відповідно до 0,65 і 0,72 га/год.

За значеннями коефіцієнтів детермінації (табл. 2) варіація оцінних показників тривалості усунення технологічних відмов на 37...56% причинно зумовлює варіацію продуктивності ЛЗКА.

Висновки

Експлуатаційні стани льонозбиральних комбайнових агрегатів при їх використанні за технологічним призначенням до деякої міри можна ототожнювати з відповідними складовими експлуатаційного балансу часу зміни, які за тривалістю можуть дорівнювати один іншому. В структурі часу зміни за здійсненими дослідженнями найбільш тривалими виявилися експлуатаційні стани, що визначають чисту роботу машинних агрегатів (17,6...86,0%) та усунення технологічних відмов (0,8...70,2%), які зумовлені очищенням робочих органів. Варіація ефективності використання льонозбиральних комбайнових агрегатів, яку оцінювали за їх продуктивністю в гектарах зібраної площі за годину змінного часу, за значеннями коефіцієнтів детермінації на 37...56% причинно зумовлена варіацією визначених оцінних показників тривалості усунення технологічних відмов комбайнів. При цьому продуктивність ЛЗКА корелює з досліджуваними показниками оцінювання тривалості усунення технологічних відмов з коефіцієнтами кореляції 0,523...(-0,711) за кореляційних відношень 0,605...0,751. З використанням *t*-критерію Стьюдента з'ясована нелінійність зв'язку між продуктивністю ЛЗКА і досліджуваними факторіальними ознаками. Характер зміни продуктивності агрегатів залежно від факторіальних ознак описується спадаючими і зростаючими гіперболічними кривими. За інтенсивністю зміни продуктивності залежно від досліджуваних факторіальних ознак слід вважати, що при організації комбайнового збирання льону-довгунця тривалість усунення технологічних відмов не повинна перевищувати 90 хв, частка затрат часу на усунення технологічних відмов не повинна бути більша 30% у структурі часу зміни роботи комбайнових агрегатів, частковий коефіцієнт використання часу не повинен бути меншим 0,70, а коефіцієнт надійності технологічного процесу комбайнів має дорівнювати 0,8 з експлуатаційним допуском $\pm 0,1$.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку має бути зосередженим на дослідженні ефективності використання прес-підбирачів, що здійснюють підбирання льонотрести та формування її рулонів.

Список літератури

1. Нормы и нормативы для планирования механизации и электрификации в отраслях АПК / Сост.: М.В. Шахмаев, Ю.И. Юркин; под ред. А.И. Иевлева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 591 с.

2. Лімонт А.С. Циклограма роботи льонозбирального комбайнового агрегату та його корисне використання / А.С. Лімонт // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2009. – Вип. 140. – С. 321 – 329.

3. Погорелый Л.В. Научные основы повышения производительности сельскохозяйственной техники / Погорелый Л.В., Бильский В.Г., Кононенко Н.П. – К.: Урожай, 1989. – 240 с.

4. Лімонт А.С. Технологічні відмови і продуктивність льонозбиральних комбайнових агрегатів / А.С. Лімонт // Вісн. аграр. науки. – 2009. – № 11. – С. 44 – 47.

5. Лімонт А.С. Технологічна надійність і продуктивність льонозбиральних агрегатів / А.С. Лімонт // Вісн. Харків. нац. техніч. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка: проблеми надійності машин та засобів механізації с.-г. виробництва. – Х., 2009. – Вип. 80. – С. 167 – 173.

6. Лімонт А.С. Тривалість усунення технологічних відмов і наробіток комбайнових агрегатів на збиранні льону-довгунця / А.С. Лімонт // Вісн. Харків. нац. техніч. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка: проблеми надійності машин та засобів механізації с.-г. виробництва. – Х., 2010. – Вип. 100. – С. 134 – 140.

7. Гельман В.М. Неиспользованные резервы производительности на льноуборке / В.М. Гельман // Лен и конопля. – 1938. – № 2. – С. 31 – 37.

8. Герасимович А.И. Математическая статистика: [учеб. пособ. для инж.-технич. и эконом. спец. вузов] / Герасимович А.И. – Минск: Вышэйш. шк., 1983. – 279 с.

9. Методика статистической обработки эмпирических данных: РТМ 44 – 62. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 100 с.

10. Уланова Е.С. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии: монография / Е.С. Уланова, В.Н. Забелин. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 208 с.

Аннотация

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СОСТОЯНИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ НАДЕЖНОСТИ ЛЬНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Лимонт А.С.

Исследованы основные эксплуатационные состояния льноуборочных комбайновых агрегатов. Определены оценочные показатели длительности устранения технологических отказов комбайнов. Приведены модельные уравнения и линии регрессии производительности агрегатов на оценочные показатели надежности льноуборочных комбайнов.

Abstract

OPERATING STATES AND CAREFREE ELEMENTS OF FLAX HARVESTING COMBINES

A. Limont

There were investigated main operating states of flax harvesting combine aggregates. There were defined the estimated figures of the duration of the elimination of technological failures of combines. There were given the model equations and the regression lines of the productivity at the estimated figures of reliability of flax harvesting combines.