

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ЯК ФАКТОРИ ЇХ ПРОДУКТИВНОСТІ

Лімонт А.С.

Житомирський агротехнічний коледж,  
м. Житомир, Україна

E-mail: [lajla2412@ukr.net](mailto:lajla2412@ukr.net)

УДК 633.521:631.358:62–192

*За характеристики технологічної надійності льонозбиральних комбайнів прийняті наробіток впродовж зміни на технологічні відмови і тривалість усунення цих відмов, частка цієї тривалості в структурі часу зміни, частковий коефіцієнт використання часу зміни, що враховує простої агрегату через усунення технологічних відмов та коефіцієнт технологічної надійності комбайнів і число їх технологічних відмов за годину змінного часу збиральних агрегатів. Оцінним показником ефективності використання льонозбиральних комбайнів визначена їх продуктивність за годину змінного часу.*

*Продуктивність комбайнів залежно від наробітку на технологічні відмови описується рівнянням прямої з додатним кутовим коефіцієнтом, тривалості усунення технологічних відмов і частки цієї тривалості в структурі часу зміни – спадаючими гіперболами, часткового коефіцієнта використання часу зміни, що враховує простої збиральних агрегатів через усунення технологічних відмов комбайнів, і коефіцієнта їх технологічної надійності – рівняннями зростаючих гіпербол, а від числа технологічних відмов комбайнів за годину змінного часу – рівнянням спадаючої експоненти.*

**Ключові слова:** льонозбиральний комбайн, використання, технологічна надійність, характеристики, продуктивність.

**Вступ.** Високоякісне насіння льону-довгунця з належними абсолютною масою та схожістю і енергією проростання за узагальненням [1, 2] літературних джерел можна одержати при збиранні культури у фазі жовтої стиглості. Залежно від сортових особливостей льону-довгунця і погодних умов льонозбирального періоду тривалість жовтої фази коливається в межах 5–10 днів. Для забезпечення збирання впродовж вказаного терміну льонозбиральні комбайни (ЛЗК) повинні мати належну продуктивність.

**Постановка проблеми.** За вимогами до техніки для збирання льону-довгунця [3, 4] ЛЗК сучасного покоління мають забезпечувати продуктивність за годину основного часу 0,90 га та коефіцієнт використання змінного часу, що не менше 0,75. З урахуванням цього продуктивність ЛЗК за годину змінного часу має становити 0,67 га. За розробками проф. Л.В. Погорілого [5] продуктивність машин значною мірою залежить від їх технологічної надійності. Коефіцієнт надійності технологічного процесу ЛЗК за [3] і [4] має бути не менше відповідно 0,98 і 0,95.

В працях Д.П. Доманчука [6] та В.Н. Рябцева і І.В. Єршова [7] наведені складові балансу часу зміни ЛЗК, за якими можна визначити деякі з показників, що характеризують технологічну надійність льонозбиральних комбайнів. За дослідженнями І.І. Гіренка і його співавторів [8] коефіцієнт надійності технологічного процесу комбайнів ЛК-4Т дорівнював 0,89. Проте в проблемі технологічної надійності льонозбиральних комбайнів і продуктивного їх використання поки що є ще низка нез'ясованих питань, про деякі з них і піде мова в цьому повідомленні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проф. Ю.К. Кіртбая [9] розглядав сукупність факторів, що визначають рівень продуктивності праці в механізованому

сільськогосподарському виробництві. При дослідженні використання льонозбиральних комбайнів розглянуто природно-господарські і організаційно-технологічні фактори продуктивності цих засобів механізації збирання льону-довгунця [10, 11]. Продуктивність льонозбиральних комбайнових агрегатів (ЛЗКА) за годину змінного часу із збільшенням довжини гонів зростає за законом гіперболи. За асимптотою гіперболи межа підвищення продуктивності ЛЗКА становить 0,68 га/год. Такої продуктивності ЛЗКА можна досягти за рахунок організації їх використання на відповідних за довжиною полях або ж здійсненням розбивки поля на загінки та вибором способу руху комбайнових агрегатів.

Перевірка однорідності дисперсій продуктивності ЛЗКА за різної довжини гонів з використанням критерію Бартлета показала, що нульова гіпотеза про однорідність дисперсій відхиляється. Коефіцієнт варіацій продуктивності ЛЗКА із збільшенням довжини гонів зменшується за гіперболічною залежністю із поступовим сповільненням. Темпи зростання продуктивності і зниження коефіцієнта її варіації значно уповільнюються при використанні ЛЗКА на полях з довжиною гонів понад 800 м.

Зміну продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу  $W_{гз}$  (га/год) залежно від тривалості робочого дня  $T_{рд}$  (год) можна описати поліноміальною або наближеною до неї залежністю. З урахуванням пакету відповідних кривих і методів побудови емпіричних формул зміну  $W_{гз}$  залежно від  $T_{рд}$  за коефіцієнта кореляції мінус 0,254 та кореляційного відношення 0,402 і коефіцієнта детермінації 0,162 можна подати рівнянням:

$$W_{гз} = 0,2061T_{рд}^{1,3965} e^{-0,2601T_{рд}}. \quad (1)$$

Дослідження рівняння (1) показало, що найбільша продуктивність ЛЗКА може бути забезпечена за тривалості робочого дня 5,37 год. Крім екстремуму крива, що описується рівнянням (1), має точку перегину, абсциса якої становить 9,91 год. Знайдене число можна інтерпретувати так, що воно визначає тривалість робочого дня, перевищення якої характеризує граничне зниження продуктивності ЛЗКА.

Зміна продуктивності ЛЗКА  $W_{гз}$  (га/год) залежно від тривалості обідньої перерви  $W_{об}$  (год) описується S-подібною логістичною кривою. Із збільшенням тривалості обідньої перерви орієнтовно від 1 хв до 0,75 год продуктивність ЛЗКА прискорено зростає по увігнутій ділянці кривої, потім рівномірно зростає при збільшенні тривалості обідньої перерви від 0,75 до 1,0 год. З подальшим збільшенням тривалості обідньої перерви до 1,58 год (95 хв) продуктивність ЛЗКА зростає уповільнено, сягаючи верхнього асимптотичного значення, що дещо перевищує 0,55 га/год.

До організаційно-технологічних факторів продуктивності Ю.К. Кіртбая [9], крім раціонального режиму робочого дня і використання часу, відносить вибір і застосування оптимальних параметрів процесу з урахуванням характеристик сільськогосподарських культур. Автор [12, 13] досліджував масово-розмірні характеристики стебел льону-довгунця з метою їх використання для здійснення експлуатаційно-технологічних регулювань робочих органів ЛЗК та інших машин для збирання льону-довгунця. З'ясована зміна низки морфологічних ознак стебел льону-довгунця залежно від густоти стояння рослин перед збиранням. Одержана залежність для визначення продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу  $W_{гз}$  (га/год) з урахуванням передзбиральної густоти стеблостою культури та завантаження її стеблами затискного конвеєра ЛЗК [14]:

$$W_{гз} = 0,36 n_{зк} v_{зк} \tau / \Gamma_{ст}, \quad (2)$$

де  $n_{зк}$  – кількість (шт.) стебел на 1 м довжини стрічки затискного конвеєра, шт./м, що має бути більше 1500 і менше 6000 шт./м (завантаження затискного конвеєра);  
 $v_{зк}$  – швидкість пасів затискного конвеєра, м/с,  $v_{зк} = 1,54$  м/с;  
 $\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни ЛЗКА;  
 $\Gamma_{ст}$  – густина стеблостою льону-довгунця перед збиранням, шт./м<sup>2</sup>;

Від завантаження затискного конвеєра стеблами залежить якість їх очісування, яку характеризують втрати насіння від недоочісування і відхід стебел в плутанину [15]. Втрати насіння від недоочісування стебел в ЛЗК залежно від завантаження затискного конвеєра стеблами, їх кількісної секундної подачі в комбайн та масової секундної подачі насіннесоломистої льонопродукції на очісування описуються рівняннями спадаючих гіпербол. Втрати значно уповільнюються при підвищенні кількості стебел на 1 м довжини стрічки затискного конвеєра понад 3600 шт./м, секундної подачі стебел понад 4800 шт./с та масової секундної подачі льонопродукції понад 2–3 кг/с. Відхід стебел в плутанину залежно від завантаження ними затискного конвеєра, кількісної секундної подачі стебел та масової секундної подачі насіннесоломистої льонопродукції в комбайн описується увігнутими параболою другого порядку і мінімізується відповідно за 2995 штук стебел на 1 м довжини стрічки затискного конвеєра, подачі 4612 стебел в секунду та секундної масової подачі насіннесоломистої льонопродукції 3,4 кг/с. Сповільнення інтенсивності зменшення втрат насіння від недоочісування залежно від досліджуваних факторів майже збігається зі значеннями останніх, які визначають мінімізацію відходу стебел в плутанину. Визначені раціональні і оптимізовані завантаження очісувального апарата ЛЗК слід вважати технологізованими, оскільки сприяють поліпшенню якості очісування стебел, а, отже, і технологічної надійності ЛЗК. Проте з'ясування питань з оцінювання технологічної надійності льонозбиральних комбайнів вимагає подальших досліджень.

*Мета дослідження* полягала в підвищенні ефективності використання ЛЗК, оцінним показником якої визначена продуктивність ЛЗКА в гектарах зібраної площі за годину змінного часу. *Завдання дослідження*: 1) з'ясувати показники і вимірники технологічної надійності ЛЗКА; 2) з урахуванням раніше проведених досліджень охарактеризувати статистичні розподіли продуктивності ЛЗКА в гектарах зібраної площі за годину змінного часу  $W_{гз}$  (га/год), як результативної ознаки, і визначених характеристик технологічної надійності ЛЗК, як досліджуваних факторіальних ознак; 3) проаналізувати і визначити форму кількісного зв'язку між результативною і факторіальними ознаками; 4) виявити статистичну закономірність і прогностичні модельні функції і лінії регресії продуктивності ЛЗКА по досліджуваних характеристиках технологічної надійності ЛЗК.

**Об'єкт та методика дослідження.** Об'єкт дослідження – використання ЛЗКА у складі тракторів класу 1,4 та ЛЗК ЛК-4Т і двовісних тракторних самоскидних причепів 2ПТС-4М на збиранні виробничих посівів льону-довгунця в реальних умовах великотоварних льоносіючих підприємств Житомирської області в роки усталеного льонарства в Україні.

Методика дослідження і обробки експериментальних даних наведені в попередніх публікаціях і зокрема в [16].

**Результати дослідження.** З урахуванням досліджень Л.В. Погорілого [15], Ю.К. Кіртбая [17] і Б.С. Свірщевського [18] та публікацій В.Й. Фортуні [19] і М.М. Шарова [20] в якості характеристик технологічної надійності льонозбиральних комбайнів, що виступають як вимірники останньої, прийняті: 1) наробіток на технологічні відмови ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА  $T_{нв}$ , хв; 2) тривалість усунення

технологічних відмов ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА  $T_{\text{ТВ}}$ , хв; 3) частка тривалості усунення технологічних відмов ЛЗК в структурі часу зміни ЛЗКА  $k_{\text{ТВ}}$ , %; 4) частковий коефіцієнт використання часу зміни (ЧКВЧЗ), що враховує простої ЛЗКА через усунення технологічних відмов ЛЗК  $\tau_{\text{ТВ}}$ ; 5) коефіцієнт технологічної надійності ЛЗК  $k_{\text{ТН}}$ ; 6) число технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу ЛЗКА  $n_{\text{ВГ}}$ , 1/год. Перераховані характеристики технологічної надійності ЛЗК в дослідженні визначені як факторіальні ознаки.

Вихідні дані для визначення результативної і факторіальних ознак отримували на підставі опрацювання листів хронометражних спостережень за використанням ЛЗКА. Коефіцієнт технологічної надійності ЛЗК  $k_{\text{ТН}}$  визначали за формулою, чисельником якої є чистий час  $T_{\text{р}}$  зміни, а знаменником сума часу  $T_{\text{р}}$  і  $T_{\text{ТВ}}$ , що витрачають на очищення робочих органів впродовж зміни. ЧКВЧЗ, що враховує простої ЛЗКА через усунення технологічних відмов ЛЗК  $\tau_{\text{ТВ}}$ , визначали за формулою, в чисельнику якої є різниця тривалості зміни  $T_{\text{ЗМ}}$  і часу  $T_{\text{ТВ}}$ , а в знаменнику – тривалість зміни  $T_{\text{ЗМ}}$ . Частку тривалості усунення технологічних відмов ЛЗК в структурі часу зміни ЛЗКА  $k_{\text{ТВ}}$  визначали з відношення часу  $T_{\text{ТВ}}$  до тривалості зміни  $T_{\text{ЗМ}}$ .

Вибір прогностичних функцій зміни продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу залежно від з'ясованих характеристик технологічної надійності ЛЗК, які прийняті в дослідженні в якості вимірників цієї надійності засобів механізації збирання льону-довгунця, та пошук рівнянь регресії, що кількісно оцінюють характер зв'язку визначених результативної і факторіальних ознак здійснені на підставі кореляційно-регресійного аналізу експериментальних даних.

Залежно від досліджуваних парних зв'язків розмір статистичних вибірок (кількість агрегато-змін) дещо відрізнявся. Розмір вибірки становив: при дослідженні  $W_{\text{ГЗ}}$  і  $T_{\text{НВ}}$  – 33 агрегато-змін,  $W_{\text{ГЗ}}$  і  $n_{\text{ВГ}}$  – 7, а в решті досліджуваних зв'язках – 27 агрегато-змін. Для вибірок, що мали 27–33 агрегато-змін, опрацьовували кореляційні таблиці, в яких результативні і факторіальні ознаки були розділені на п'ять статистичних груп кожна з ознак.

Визначали коефіцієнти кореляції  $r$  між продуктивністю ЛЗКА і прийнятими характеристиками технологічної надійності ЛЗК, а також кореляційні відношення продуктивності ЛЗКА, як результативної ознаки, по прийнятих факторіальних. Вели пошук рівнянь регресії, що описують кількісну зміну результативної ознаки залежно від факторіальних. Підбір відповідних ліній регресії здійснювали за  $R^2$ -коефіцієнтами, що визначають міру наближення експериментальних значень результативної ознаки до вирівняних її показників за відповідною апроксимуючою залежністю. Розраховували показники оцінювання вирівнювання  $\lambda_{\text{ПВ}}$  експериментальних значень результативної ознаки передбачуваною апроксимуючою залежністю. За значеннями середніх квадратичних відхилень результативної ознаки і відповідних показників кореляційного зв'язку обчислювали помилки  $S_{\text{у}}$  прогностичних рівнянь регресії. Вели розрахунок коефіцієнтів детермінації, що характеризували силу впливу відповідної факторіальної ознаки на зміну результативної.

В табл. 1 наведені основні статистичні показники досліджуваних ознак, емпіричні розподіли яких були використані при складанні двомірних варіаційних рядів, на базі яких опрацьовували вже згадувані кореляційні таблиці.

Емпіричні розподіли досліджуваних ознак за значеннями асиметрії і ексцесу незначущо відхилялися від нормального закону розподілу [21, 22]. Кількісне оцінювання узгодженості деяких з емпіричних розподілів з нормальним законом здійснено визначенням  $\chi^2$ -критерію Пірсона [23]. Це стосується, наприклад, розподілів продуктивності ЛЗКА і коефіцієнта технологічної надійності ЛЗК [16].

Результати кореляційно-регресійного аналізу продуктивності ЛЗКА і характеристик технологічної надійності ЛЗК наведені в табл. 2.

За значеннями показників кореляційного зв'язку між досліджуваними ознаками можна висловити попередню думку щодо напрямку і характеру цього зв'язку.

Таблиця 1

**Основні статистичні показники продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу і оцінних показників (характеристик) технологічної надійності льонозбиральних комбайнів**

Досліджувані ознаки	Розмах варіювання	Середнє арифметичне значення	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Показник міри		Відношення показника міри до своєї помилки для	
					асиметрії	ексцесу	асиметрії	ексцесу
Продуктивність за годину змінного часу ЛЗКА $W_{ГЗ}$ , га/год	0,11...0,75	0,47	0,14	29,8	-0,35	-0,21	0,74	0,22
Наробіток на технологічні відмови ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА $T_{НВ}$ , хв	96...354	220	69,1	31,4	-0,084	1,101	0,16	0,94
Тривалість усунення технологічних відмов ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА $T_{ТВ}$ , хв	0...404	109	93	85,3	1,61	1,83	3,42	1,94
Частка тривалості усунення технологічних відмов ЛЗК в структурі часу зміни ЛЗКА $k_{ТВ}$ , %	0,8...70,2	22,6	16,9	74,8	1,10	0,25	2,33	0,26
ЧКВЧЗ, що враховує простої ЛЗКА через усунення технологічних відмов ЛЗК $\tau_{ТВ}$	0,26...1,0	0,77	0,17	22,1	0,84	-3,05	1,78	3,24
Коефіцієнт технологічної надійності ЛЗК $k_{ТН}$	0,16...1,0	0,69	0,19	27,5	-0,37	-0,51	0,78	0,54
Число технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу ЛЗКА $n_{ВГ}$ , 1/год	0...4,29	2,45	1,26	51,4	-	-	-	-

Додатний коефіцієнт кореляції між  $W_{ГЗ}$  з одного боку і  $T_{НВ}$ ,  $\tau_{ТВ}$  та  $k_{ТН}$  з другого є свідченням підвищення  $W_{ГЗ}$  із збільшенням  $T_{НВ}$ ,  $\tau_{ТВ}$  та  $k_{ТН}$ . Порівняння коефіцієнтів кореляції і кореляційних відношень, які визначають зв'язок  $W_{ГЗ}$  і  $T_{НВ}$ ,  $\tau_{ТВ}$  та  $k_{ТН}$ , дозволяє допустити, що підвищення  $W_{ГЗ}$  залежно від  $T_{НВ}$  може відбуватися за лінійною залежністю, а залежно від  $\tau_{ТВ}$  і  $k_{ТН}$  – за криволінійною. Від'ємний коефіцієнт кореляції між  $W_{ГЗ}$  і  $T_{ТВ}$ ,  $k_{ТВ}$  та  $n_{ВГ}$  свідчить, що із збільшенням вказаних характеристик технологічної надійності ЛЗК продуктивність ЛЗКА знижується. Оскільки в досліджуваних зв'язках  $\eta > r$ , то це зниження може носити криволінійний характер. Перевірку лінійності зв'язку між результативною і факторіальною ознаками можна здійснити за допомогою дисперсійного аналізу. З використанням схеми розрахунків, що наведені в [22], зроблений дисперсійний аналіз досліджуваних результативної і факторіальних ознак. В табл. 3 наведені результати дисперсійного аналізу щодо

з'ясування характеру зв'язку між продуктивністю ЛЗКА за годину змінного часу і характеристиками технологічної надійності ЛЗК.

З урахуванням обчислених ступенів вільності порівнюваних дисперсій при визначенні форми зв'язку значення табличного  $F$ -критерія приймали за рівні значущості

Таблиця 2

**Показники кореляційного зв'язку між продуктивністю ЛЗКА за годину змінного часу  $W_{ГЗ}$  (га/год) і характеристиками технологічної надійності ЛЗК та відповідні рівняння регресії**

Досліджуваний фактор (характеристики технологічної надійності ЛЗК)	Коефіцієнт кореляції (чисельник) і кореляційне відношення (знаменник)	Прогностична функція (чисельник) і рівняння регресії (знаменник)	Значення $R^2$ -коефіцієнта (чисельник) і показник $\lambda_{пр}$ (знаменник)	Помилка рівняння регресії, га/год (чисельник) і коефіцієнт детермінації (знаменник)
Наробіток на технологічні відмови ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА $T_{нв}$ , хв	$\frac{0,487}{0,457}$	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $W_{ГЗ}=0,353+0,0004545T_{ТВ}$	$\frac{0,237}{0,162}$	$\frac{0,100}{0,237}$
Тривалість усунення технологічних відмов ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА $T_{ТВ}$ , хв	$\frac{-0,711}{0,751}$	Спадаюча гіпербола $W_{ГЗ}=0,217+14,28/T_{ТВ}$	$\frac{0,682}{0,196}$	$\frac{0,092}{0,564}$
Частка тривалості усунення технологічних відмов ЛЗК в структурі часу зміни ЛЗКА $k_{ТВ}$ , %	$\frac{-0,635}{0,628}$	Спадаюча гіпербола $W_{ГЗ}=0,319+1,769/k_{ТВ}$	$\frac{0,381}{0,226}$	$\frac{0,111}{0,394}$
ЧКВЧЗ, що враховує простої ЛЗКА через усунення технологічних відмов ЛЗК $\tau_{ТВ}$	$\frac{0,587}{0,628}$	Зростаюча гіпербола $W_{ГЗ}=0,720-0,184/\tau_{ТВ}$	$\frac{0,967}{0,073}$	$\frac{0,111}{0,394}$
Коефіцієнт технологічної надійності ЛЗК $k_{ТН}$	$\frac{0,523}{0,605}$	Зростаюча гіпербола $W_{ГЗ}=0,646-0,113/k_{ТН}$	$\frac{0,950}{0,081}$	$\frac{0,111}{0,366}$
Число технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу $n_{вг}$ , 1/год	$\frac{-0,733}{0,758}$	Спадаюча експонента $W_{ГЗ}=0,8798\exp(-0,369n_{вг})$	$\frac{0,574}{0,360}$	$\frac{0,130}{0,574}$

0,05. За відомостями, що наведені в табл. 3, опрацьована табл. 4, в якій представлена інформація щодо з'ясування форми кількісного зв'язку між продуктивністю ЛЗКА і характеристиками технологічної надійності ЛЗК. Визначення форми зв'язку здійснюють на підставі порівняння лінійної моделі регресії з експериментальними даними. На підставі такого порівняння гіпотеза відсутності лінійного зв'язку може заперечуватись або узгоджуватись з експериментальними даними. У разі заперечення зв'язок має бути лінійним, а узгодженням – нелінійним, тобто криволінійним.

Узгодженість лінійних моделей регресії з експериментальними даними перевіримо і за  $t$ -критерієм Стьюдента [22] з використанням визначених коефіцієнтів кореляції між продуктивністю ЛЗКА і досліджуваними характеристиками технологічної надійності ЛЗК. Якщо спостережуваний (розрахунковий)  $t$ -критерій більший або дорівнює табличному (критичному), що взятий по заданому рівню

значущості і відповідному числу ступенів вільності, то нульова гіпотеза про відсутність лінійного зв'язку між досліджуваними змінними заперечується (відхиляється).

В залежностях  $W_{ГЗ}=f(T_{НВ})$ ,  $W_{ГЗ}=f(T_{ТВ})$ ,  $W_{ГЗ}=f(k_{ТВ})$ ,  $W_{ГЗ}=f(\tau_{ТВ})$  і  $W_{ГЗ}=f(k_{ТН})$  спостережуваний (розрахунковий)  $t$ -критерій приймав значення в межах  $t_p=0,97-1,75$ . Для цих же залежностей за таблицями квантилів  $t$ -розподілу за числа ступенів вільності 3 на рівні значущості 0,05 табличний  $t$ -критерій дорівнює 3,18 [21]. Для залежності  $W_{ГЗ}=f(n_{ВГ})$   $t_p=2,41$ , а табличний  $t$ -критерій за числа ступенів вільності 5 на рівні значущості 0,05 становив  $t_T=2,57$  [21]. Оскільки в розглядуваних залежностях  $t_p < t_T$ , то слід вважати, що для них лінійна модель регресії не узгоджується з експериментальними даними і рівняння регресії мають нелінійний вигляд [22].

Таблиця 3

**Результати дисперсійного аналізу щодо з'ясування форми кількісного зв'язку між продуктивністю ЛЗКА  $W_{ГЗ}$  і характеристиками технологічної надійності ЛЗК ( $T_{НВ}$ ,  $T_{ТВ}$ ,  $k_{ТВ}$ ,  $\tau_{ТВ}$ ,  $k_{ТН}$  і  $n_{ВГ}$ )**

Джерело мінливості	Суми квадратів	Число ступенів вільності	Середній квадрат	F-критерій			
				Розрахунковий $F_p$	Табличний $F_T$ на рівні значущості $\alpha$ [23]		
					0,10	0,05	0,01
1	2	3	4	5	6	7	8
Наробіток $T_{НВ}$ на технологічні відмови ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА							
Лінійна регресія	0,0062	1	0,0062	0,92	5,54	10,1	34,1
Залишок	0,0201	3	0,0067				
Повна сума	0,0263	4					
Тривалість $T_{ТВ}$ усунення технологічних відмов ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА							
Лінійна регресія	0,0865	1	0,0865	16,63	5,54	10,1	34,1
Залишок	0,0156	3	0,0052				
Повна сума	0,1021	4					
Частка $k_{ТВ}$ тривалості усунення технологічних відмов ЛЗК в структурі часу зміни ЛЗКА							
Лінійна регресія	0,0327	1	0,0327	3,67	5,54	10,1	34,1
Залишок	0,0267	3	0,0089				
Повна сума	0,0594	4					
Частковий коефіцієнт $\tau_{ТВ}$ використання часу зміни, що враховує простоти ЛЗКА через усунення технологічних відмов ЛЗК							
Лінійна регресія	0,0722	1	0,0722	21,23	5,54	10,1	34,1
Залишок	0,0103	3	0,0034				
Повна сума	0,0825	4					
Коефіцієнт $k_{ТН}$ технологічної надійності ЛЗК							
Лінійна регресія	0,1299	1	0,1299	3,78	5,54	10,1	34,1
Залишок	0,1032	3	0,0344				
Повна сума	0,2331	4					
Число $n_{ВГ}$ технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу ЛЗКА							
Лінійна регресія	0,1280	1	0,1280	5,24	4,06	6,61	16,3
Залишок	0,1220	5	0,0244				
Повна сума	0,2500	6					

Продовжимо перевірку правильності припущення про прямолінійну форму кореляційного зв'язку  $W_{ГЗ}$  з одного боку і  $T_{НВ}$ ,  $T_{ТВ}$ ,  $k_{ТВ}$ ,  $\tau_{ТВ}$ ,  $k_{ТН}$  та  $n_{ВГ}$  з іншого. Для цього скористаємося визначенням різниці квадратів кореляційних відношень і коефіцієнтів

кореляції ( $\eta^2-r^2$ ), що властиві відповідному досліджуваному зв'язку, та обчисленням  $z$ -критерію стосовно тих же досліджуваних зв'язків [24].

В досліджуваних шести зв'язках продуктивності ЛЗКА залежно від прийнятих характеристик технологічної надійності ЛЗК різниця ( $\eta^2-r^2$ ) коливалася в межах від 0,009 до 0,093. За [24] якщо ( $\eta^2-r^2$ ) не перевищує 0,1, то припущення щодо прямолінійності кореляційного зв'язку слід вважати виправданим. Таке властиве і досліджуваним кореляційним зв'язкам, для яких за критерієм ( $\eta^2-r^2$ ) ці зв'язки можна вважати прямолінійними.

Таблиця 4

**З'ясування форми кількісного зв'язку між продуктивністю ЛЗКА і характеристиками технологічної надійності ЛЗК**

Характеристики технологічної надійності льонозбиральних комбайнів	Співвідношення розрахункового $F_p$ і табличного $F_T$ критеріїв Фішера	Гіпотеза відсутності лінійного зв'язку між досліджуваними змінними	Форми зв'язку
Наробіток на відмови $T_{НВ}$	$F_p < F_T$	Узгоджується	Криволінійний
Тривалість усунення відмов $T_{ТВ}$	$F_p > F_T$	Заперечується	Лінійний
Частка $T_{ТВ}$ в структурі часу зміни ЛЗКА $k_{ТВ}$	$F_p < F_T$	Узгоджується	Криволінійний
ЧКВЧЗ, що враховує простої ЛЗКА через усунення відмов ЛЗК $\tau_{ТВ}$	$F_p > F_T$	Заперечується	Лінійний
Коефіцієнт технологічної надійності ЛЗК $k_{ТН}$	$F_p < F_T$	Узгоджується	Криволінійний
Число відмов ЛЗК за годину змінного часу ЛЗКА $n_{ВГ}$	$F_p < F_T$	Узгоджується	Криволінійний

Розрахований  $z$ -критерій для досліджуваних зв'язків залежно від аналізованого парного зв'язку приймав значення в межах 0,366–1,176. За [24] якщо  $z < 2$ , то залежність вважають лінійною. Оскільки в досліджуваних зв'язках розрахований  $z$ -критерій не перевищує числа 2, то за цим критерієм досліджувані зв'язки слід вважати лінійними.

Перевірка лінійності досліджуваних зв'язків з використанням наведених вище критеріїв не дозволила однозначно визначитися з формою цих зв'язків. Зроблена спроба з'ясувати це питання шляхом вирівнювання експериментальних значень продуктивності ЛЗКА з використанням стандартних комп'ютерних програм рівняннями прямих, степеневих, логарифмічних і експоненціальних функцій та гіпербол. Форму зв'язку визначали за апроксимуючою залежністю, вирівнювання за якою забезпечувало за  $R^2$ -коефіцієнтом найкраще наближення експериментальних значень продуктивності ЛЗКА до вирівняних її показників. Визначені прогностичні функції і відповідні їм рівняння регресії наведені в табл. 2, в якій також представлені значення  $R^2$ -коефіцієнтів та інші показники, що характеризують опрацьовані апроксимуючі залежності. Згруповані значення факторіальних і результативної ознак та відповідні графіки зміни продуктивності ЛЗКА, які побудовані за рівняннями, що представлені в табл. 2, наведені на рисунку.

Залежно від значень коефіцієнта кореляції і кореляційних відношень, що якісно оцінюють зв'язок продуктивності ЛЗКА і характеристик технологічної надійності ЛЗК та середнього квадратичного відхилення продуктивності ЛЗКА помилки рівнянь регресії коливалися в межах від 0,092 до 0,130 га/год. За значеннями коефіцієнтів



детермінації варіація продуктивності ЛЗКА на 24–57 % причинно зумовлена варіацією характеристик технологічної надійності ЛЗК. Інакше із сукупного впливу різних факторів на продуктивність ЛЗКА на фактори характеристик технологічної надійності ЛЗК припадає від 24 до 57 %.

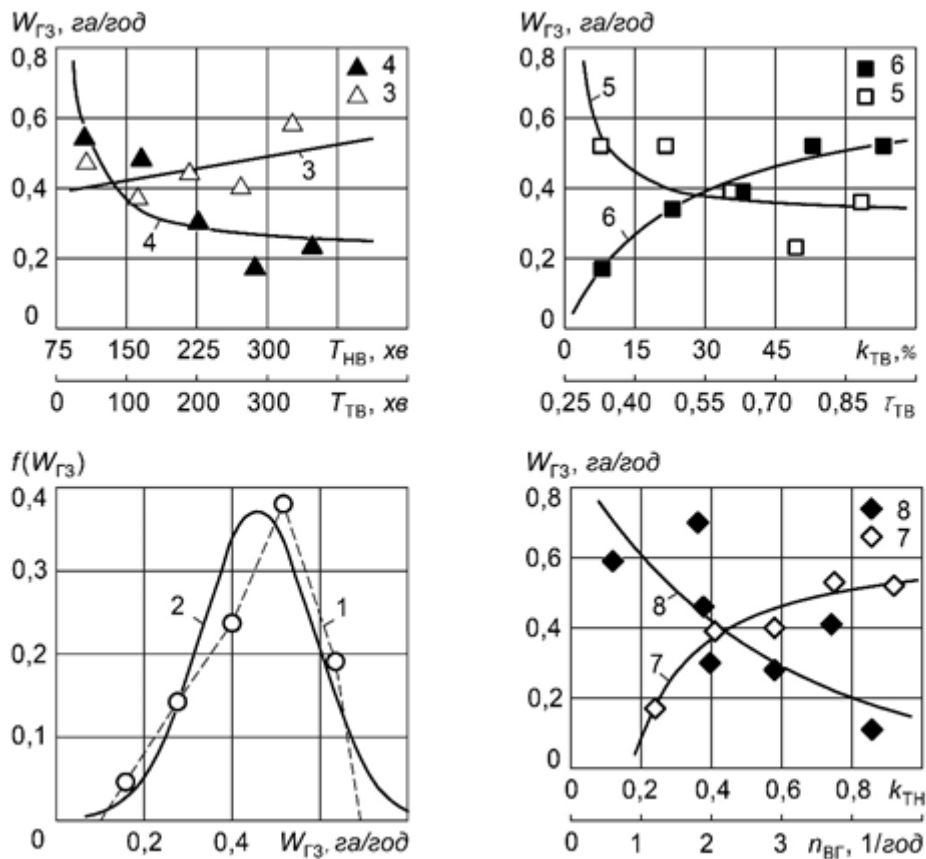


Рис. – Полігон (1) і нормальна крива (2) розподілу продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу  $W_{ГЗ}$  та її зміна залежно від: 3 – наробітку на технологічні відмови  $T_{нв}$  (хв) ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА; 4 – тривалості  $T_{тв}$  (хв) усунення технологічних відмов ЛЗК впродовж зміни ЛЗКА; 5 – частки  $k_{тв}$  (%) тривалості усунення технологічних відмов ЛЗК в структурі часу зміни ЛЗКА; 6 – часткового коефіцієнта  $\tau_{тв}$  використання часу зміни, що враховує простої ЛЗКА через усунення технологічних відмов ЛЗК; 7 – коефіцієнта  $k_{тн}$  технологічної надійності ЛЗК; 8 – числа  $n_{вг}$  технологічних відмов ЛЗК за годину змінного часу ЛЗКА, 1/год

**Висновки.** В якості характеристик технологічної надійності льонозбиральних комбайнів визначені наробіток на технологічні відмови комбайнів і тривалість усунення технологічних відмов комбайнів впродовж зміни льонозбиральних комбайнових агрегатів, частка тривалості усунення технологічних відмов комбайнів в структурі часу зміни льонозбиральних комбайнових агрегатів, частковий коефіцієнт використання часу зміни, що враховує простої льонозбиральних комбайнових агрегатів через усунення технологічних відмов комбайнів, коефіцієнт технологічної надійності льонозбиральних комбайнів та число технологічних відмов комбайнів за годину змінного часу льонозбиральних комбайнових агрегатів. Емпіричні розподіли продуктивності льонозбиральних комбайнових агрегатів за годину змінного часу та характеристик технологічної надійності льонозбиральних комбайнів незначучо відхиляються від нормального розподілу. Зміна продуктивності льонозбирального комбайнового агрегату за годину змінного часу залежно від наробітку на технологічні відмови комбайнів впродовж зміни описується рівнянням прямої з додатним кутовим

коефіцієнтом. Зміна продуктивності агрегату залежно від тривалості усунення технологічних відмов комбайна впродовж зміни агрегату і частки цієї тривалості в структурі часу зміни агрегату описується рівняннями спадаючої гіперболи. Продуктивність агрегату починає інтенсивно зростати за тривалості усунення технологічних відмов, що менше 90 хв. Частка тривалості усунення технологічних відмов в структурі часу зміни агрегату та повинна перевищувати 30 %, оскільки її збільшення понад вказану межу супроводжується занадто сповільненим зниженням продуктивності агрегату. Продуктивність агрегату залежно від часткового коефіцієнта використання часу зміни, що враховує простої агрегату через усунення технологічних відмов комбайна, і коефіцієнта технологічної надійності комбайна зростає за рівнянням гіперболи. З підвищенням часткового коефіцієнта використання часу зміни понад 0,70 продуктивність агрегату продовжує зростати, але величина цього зростання сумірна з помилкою рівняння регресії. В умовах рядової експлуатації льонозбиральних комбайнових агрегатів можливо і доцільно забезпечити значення коефіцієнта технологічної надійності комбайнів, що дорівнює 0,8 з експлуатаційним допуском  $\pm 0,1$ .

**Напрямок подальших розвідок** на нашу думку слід спрямувати на опрацювання навантажувально-транспортного комплексу в технологічному процесі виробництва рошенцевої льонотрести.

#### **Література:**

1. Лімонт А.С., Поліщук О.С., Плужніков О.Б. Абсолютна маса насіння і збирання льону-довгунця. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*: загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб. Кіровоград: КНТУ, 2016. Вип. 46. С. 166–175.
2. Лімонт А.С. Посівна якість насіння льону-довгунця і виробництво рошенцевої льонотрести. *Інженерія природокористування*: наук. журн./ засн. Харків. нац. техн. ун-т с.г. ім. Петра Василенка. Харків, 2017. № 1 (7). С. 21–28.
3. *Машини для збирання зернових та технічних культур*: [посіб. для підготовки фахівців із напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» в аграр. вищ. навч. закл. II–IV рівнів акредитації]; за ред. В.І. Кравчука і Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2003. 296 с.
4. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва: довідник-посібник / Адамчук В.В. та ін.; за ред. В.В. Адамчука, М.І. Грицишина. Київ: Аграрна наука, 2012. 416 с.
5. Погорельый Л.В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин. Киев: Техника, 1991. 157 с.
6. Доманчук Д.П. Организация комбайновой уборки льна. *Лен и конопля*. 1969. № 6. С.15–17.
7. Рябцев В.Н., Ершов И.В. Использование льноуборочных машин в условиях Северо-Запада. *Лен и конопля*. 1976. № 1. С. 34–36.
8. Гиренко И.И., Соснина Л.М., Водяницкий Г.П., Куркова Н.И. Исследование эффективности вариантов комбайновой уборки льна-долгунца в условиях Полесья УССР. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. Киев: Урожай, 1980. Вып. 49. С. 29–35.
9. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. Москва: Колос, 1982. 319 с.
10. Лімонт А.С. Умови ефективного використання льонозбиральних комбайнових агрегатів. *Інженерія природокористування*: наук. журн. / засн.: Харків. нац. техн. ун-т с.г. ім. Петра Василенка. Харків, 2018. № 2 (10). С. 74–86.

11. Лімонт А.С. Організаційно-технологічні фактори і використання льонозбиральних комбайнових агрегатів. *Вісн. Житомир. нац. агроеколог. ун-ту*. Житомир. 2013. № 1 (36). Т. 1. С. 215–227.
12. Limont A.S. Morphological indices of fiber flax stalks and machines for its harvesting *European Applied Sciences*. Europäische Fachhochschule. 2015. No 1. P. 79–84.
13. Лімонт А. Техніко-технологічні основи передзбиральної густоти стеблостою льону-довгунця і готування рошенцевої льонотрести. *Техніка і технології АПК*. 2015. № 9 (72). С. 25–30).
14. Лімонт А.С. Завантаження затискного конвеєра стеблами і продуктивність комбайнового агрегату на збиранні льону-довгунця. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. Київ, 2010. Вип. 144. Ч. 4. С. 156–165.
15. Лімонт А.С. Елементи технологізації завантаження рослинами очісувального апарата льонозбирального комбайна. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: наук. журн. / засн.: Харків. нац. техн. ун-т с.г. ім. Петра Василенка*. Харків, 2017. № 8. С. 97–106.
16. Лімонт А.С., Добранський С.С. Елементи ремонтпридатності і технологічної надійності льонозбиральних комбайнів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. Вип. 47. Ч. 1. С. 139–158.
17. Кіртбая Ю.К. Основи комплексної механізації сільськогосподарського виробництва / за ред. В.В. Заморського. Київ: Українська академія сільськогосподарських наук, 1961. 206 с.
18. Свирщевский Б.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособ. для институтов и факультетов механизации и электрификации с.х. Москва: Сельхозгиз, 1958. 660 с.
19. Фортуна В.И. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособ. для средних с.-х. учеб. завед. по спец. «Механизация с.-х.». Москва: Колос, 1979. 375 с.
20. Шаров Н.М. Эксплуатационные свойства тракторных агрегатов: учеб. пособ. для факультетов повышения квалификации руководящих кадров колхозов и совхозов и специалистов с.х. Москва: Колос, 1981. 240 с.
21. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учеб. пособ. Москва: Изд-во Москов. ун-та, 1972, 292 с.
22. Герасимович А.И., Матвеева Я.И. Математическая статистика: учеб. пособ. [для инж.-техн. и экон. спец. вузов]. Минск: Вышэйшая школа, 1978. 200 с.
23. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента / пер. с англ. Т.И. Голиковой, Е.Г. Коваленко, Н.Г. Микешинной; под ред. В.В. Налимова. Москва: Мир, 1967. 407 с.
24. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе: справочник. Москва: Статистика, 1979. 448 с.

### Summary

**Limont A.** The characteristic features of technological reliability of flax combine harvesters as their production capacity factors

*High quality fiber flax produce can be obtained under the conditions of harvesting the crop within short agrotechnical terms with respect to the crop maturity phases. Fiber flax seeds of the corresponding quality can be obtained when harvested in the yellow ripeness phase, the duration of which with respect to the fiber flax varietal peculiarities and weather conditions of the flax harvesting period fluctuates within the period of 5–10 days. In order to*

*ensure harvesting within the time period specified, fiber flax combine harvester must possess the corresponding production capacity.*

*The research is aimed at improving the efficiency of using fiber flax combine harvesters by means of looking for the reserves of enhancing their production capacity. The technique of the experimental research is based on conducting stop-watch studies on the operation of flax combine harvester units (FCHU) included as components flax combine harvesters (FCH) JIK-4T. Besides combines, FCHU included 1.4 class tractors and 2IITC-4M two-axle dump trailers. The FCHU crew consisted of a tractor driver, a combine-operator and a worker for smoothing flax masses coming from the combine to the trailer flatbed. The sheets of the stop-watch study there processed according to the well-known technique which serves as a component of farm machinery industrial tests. The components of the operation time balance of FCHU replacement were determined together with the assessment of the basic and total replacement time, and the FCHU production capacity per hour of the replacement time was determined through measuring the fiber flax area harvested by the unit, as well as through its relation to the total replacement time. The following indices were taken as the factors for the FCH technological reliability: the duration of the mean-time-between failures and the removal of these failures; the part of the duration of the technological failures within the structure of FCHU replacement time; the partial coefficient of using the replacement time which takes into account the FCHU idle time caused by removing the technological failures the coefficient of the FCH technological reliability and the number of the FCH technological failures per hour of the FCHU replacement time. The durations of the mean-time-between-failures and the removal of these failures were determined by means of processing stop-watch study sheets. Depending on the mean-time-between-failures. the production capacity of combine harvesters is described by the equation of a straight line with slope-intercept form; the duration of removing the technological failures and the part of this duration in the structure of the replacement time is described by descending hyperbolae; the partial coefficient of using replacement time which takes into account the idle time of harvesting units resulting from the removal of technological failures of harvesters and the coefficient of their technological reliability – by the equation of ascending hyperbolae; and the number of technological failures of harvesters per hour of replacement time – by the equation of descending exponent.*

**Key words:** *flax combine harvester, use, technological reliability, characteristic features, production capacity.*

### **References**

1. Limont A.S., Polishchuk O.S., Pluzhnikov O.B. Absolutna masa nasinnia i zbyrannia lonu-dovhuntsia. Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn: zahalnoderzh. mizhvidom. nauk.-tekhn. zb. Kirovohrad: KNTU, 2016. Vyp. 46. S. 166–175.
2. Limont A.S. Posivna yakist nasinnia lonu-dovhuntsia i vyrobnytstvo roshentsevoi lonotresty. Inzheneriia pryrodokorystuvannia: nauk. zhurn./ zasn. Kharkiv. nats. tekhn. un-t s.h. im. Petra Vasylenka. Kharkiv, 2017. № 1 (7). S. 21–28.
3. Mashyny dlia zbyrannia zernovykh ta tekhnichnykh kultur: [posib. dlia pidhotovky fakhivtsiv iz napriamu «Protsesy, mashyny ta obladnannia ahropromysloвого vyrobnytstva» v ahrar. vyshch. navch. zakl. II–IV rivniv akredytatsii]; za red. V.I. Kravchuka i Yu.F. Melnyka. – Doslidnytske: UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho, 2003. 296 s.

4. Systema tekhniko-tekhnolohichnoho zabezpechennia vyrobnytstva produktsii roslynnystva: dovidnyk-posibnyk / Adamchuk V.V. ta in.; za red. V.V. Adamchuka, M.I. Hrytsyshyna. Kyiv: Ahrarna nauka, 2012. 416 s.
5. Pohorelyi L.V. Ynzhenernye metody yspytanyi selskokhoziaistvennykh mashyn. Kyev: Takhnyka, 1991. 157 s.
6. Domanchuk D.P. Orhanyzatsiia kombainovoi uborky lna. Len y konoplia. 1969. № 6. S.15–17.
7. Riabtsev V.N., Ershov Y.V. Yspolzovanye lnouborochnykh mashyn v uslovyakh Severo-Zapada. Len y konoplia. 1976. № 1. S. 34–36.
8. Hyrenko Y.Y., Sosnyna L.M., Vodianytskyi H.P., Kurkova N.Y. Yssledovanye efektyvnosti varyantov kombainovoi uborky lna-dolhunsa v uslovyakh Polesia USSR. Mekhanyzatsiia y elektryfikatsiia selskoho khoziaistva. Kyev: Urozhai, 1980. Vyp. 49. S. 29–35.
9. Kyrbaia Yu.K. Rezervy v yspolzovanny mashynno-traktornoho parka. Moskva: Kolos, 1982. 319 s.
10. Limont A.S. Umovy efektyvnoho vykorystannia lonozbyralnykh kombainovykh ahrehativ. Inzheneriia pryrodokorystuvannia: nauk. zhurn. / zasn.: Kharkiv. nats. tekhn. un-t s.h. im. Petra Vasylenka. Kharkiv, 2018. № 2 (10). S. 74–86.
11. Limont A.S. Orhanizatsiino-tekhnolohichni faktory i vykorystannia lonozbyralnykh kombainovykh ahrehativ. Visn. Zhytomyr. nats. ahroekoloh. un-tu. Zhytomyr. 2013. № 1 (36). T. 1. S. 215–227.
12. Limont A.S. Morphological indices of fiber flax stalks and machines for its harvesting European Applied Sciences. Europaishe Fachhochschule. 2015. No 1. P. 79–84.
13. Limont A. Tekhniko-tekhnolohichni osnovy peredzbyralnoi hustoty steblostoiu lonodovhunsa i hotuvannia roshentsevoi lonotresty. Tekhnika i tekhnolohii APK. 2015. № 9 (72). S. 25–30.
14. Limont A.S. Zavantazhennia zatysknoho konveiera steblyamy i produktyvnist kombainovoho ahrehatu na zbyranni lonu-dovhunsa. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Tekhnika ta enerhetyka APK. Kyiv, 2010. Vyp. 144. Ch. 4. S. 156–165.
15. Limont A.S. Elementy tekhnolohizatsii zavantazhennia roslynamy ochisvalnoho aparata lonozbyralnoho kombaina. Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv: nauk. zhurn. / zasn.: Kharkiv. nats. tekhn. un-t s.h. im. Petra Vasylenka. Kharkiv, 2017. № 8. S. 97–106.
16. Limont A.S., Dobranskyi S.S. Elementy remontoprydatnosti i tekhnolohichnoi nadiinosti lonozbyralnykh kombainiv. Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn: zahalnodержavnyi mizhvidomchyi naukovy-tekhnichniy zbirnyk. Kropyvnytskyi: TsNTU, 2017. Vyp. 47. Ch. 1. S. 139–158.
17. Kirtbaia Yu.K. Osnovy kompleksnoi mekhanizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva / za red. V.V. Zamorskoho. Kyiv: Ukrainska akademiia silskohospodarskykh nauk, 1961. 206 s.
18. Svyrshchevskyi B.S. Ekspluatatsiia mashynno-traktornoho parka: ucheb. posob. dlia ynstytutov y fakultetov mekhanizatsyy y elektryfikatsyy s.kh. Moskva: Selkhozghyz, 1958. 660 s.
19. Fortuna V.Y. Ekspluatatsiia mashynno-traktornoho parka: ucheb. posob. dlia srednykh s.-kh. ucheb. zaved. po spets. «Mekhanyzatsiia s.-kh.». Moskva: Kolos, 1979. 375 s.
20. Sharov N.M. Ekspluatatsyonnye svoistva traktornykh ahrehatov: ucheb. posob. dlia fakultetov povysheniia kvalyfykatsyy rukovodiashchykh kadrov kolkhozov y sovkhozov y spetsyalystov s.kh. Moskva: Kolos, 1981. 240 s.

21. Dmytryev E.A. Matematycheskaia statystyka v pochvovedenyy: ucheb. posob. Moskva: Yzd-vo Moskov. un-ta, 1972, 292 s.
22. Herasymovych A.Y., Matveeva Ya.Y. Matematycheskaia statystyka: ucheb. posob. [dlia ynzh.-tekhn. y ekon. spets. vtuzov]. Mynsk: Vysheishaia shkola, 1978. 200 s.
23. Khyks Ch. Osnovnye pryntsypy planirovaniya eksperymenta / per. s anhl. T.Y. Holykovi, E.H. Kovalenko, N.H. Mykeshynoi; pod red. V.V. Nalymova. Moskva: Myr, 1967. 407 s.
24. Venetskyi Y.H., Venetskaia V.Y. Osnovnye matematyko-statystycheskye poniatyia y formuly v ekonomycheskom analize: spravochnyk. Moskva: Statystyka, 1979. 448 s.

## Автор

ЛІМОНТ Анатолій Станіславович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, доцент кафедри «Агроінженерія» Житомирського агротехнічного коледжу.

Домашня адреса: 10002, м. Житомир, вул. Феценка-Чопівського, 29.

Моб. тел.: 098-51-66-629.