

ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Лімонт А.С., к.т.н., доц.

Житомирський національний агроекологічний університет

Досліджені розподіли наробітку на технологічну відмову, тривалості усунення відмов і щозмінного технічного обслуговування та основного часу зміни льонозбиральних комбайнів. Визначений якісний і кількісний зв'язок між вказаними показниками надійності машин. Наведені модельні рівняння регресії, що описують виявлені кількісні зміни досліджуваних ознак.

Постановка проблеми. Одним з найбільш поширених і перспективних в найближчий період способів збирання льону-довгунця є комбайновий [1]. Ефективність такого збирання забезпечується високопродуктивною роботою льонозбиральних комбайнових агрегатів (ЛЗКА), а їх продуктивність оцінюють коефіцієнтом використання часу зміни. Зниження цього коефіцієнта в реальних умовах збирання викликається порушеннями технологічного процесу комбайна. В проблемі наукового забезпечення механізованого збирання льону-довгунця серед нез'ясованих питань відповідне місце займає оцінювання технологічної надійності комбайнів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Надійність, як комплексну властивість машин [2], оцінюють низкою показників, серед яких розрізняють [3] безвідмовність, ремонтпридатність та окремі одиничні показники, що визначають особливості використання тих чи інших засобів механізації виробництва. Деякі з показників надійності льонозбиральних комбайнів, що пов'язані з вивченням складових часу зміни, вже досліджувалися [4 та ін.]. Відомі дослідження, наприклад [5], із з'ясування залежності між часом чистої роботи картоплезбиральних комбайнів і тривалістю усунення відмов. Є і наукові напрацювання з аналогічних питань, що пов'язані з використанням машин і машинних агрегатів іншого технологічного призначення. Вимоги до льонозбиральних комбайнів [6] передбачають, що щозмінний оперативний час технічного обслуговування (ТО) комбайна повинен бути не більш 0,4 год, а питома сумарна оперативна трудомісткість усунення відмов становити 0,03 люд.-год/год. Коефіцієнти надійності технологічного процесу і використання змінного часу мають бути не менші відповідно 0,98 і 0,75, а продуктивність комбайна за годину основного часу становити 0,90 га/год.

За дослідженнями [7] в реальних умовах експлуатації коефіцієнт використання часу зміни ЛЗКА коливався в межах 0,21...0,85 за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 0,54 і 0,15. Продуктивність ЛЗКА за годину змінного часу змінювалася від 0,11 до 0,75 га/год за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 0,47 і 0,14 га/год. З урахуванням

середніх значень вказаних показників продуктивність ЛЗКА за годину основного часу становитиме 0,87 га. Щойно названі показники можна з урахуванням [3] віднести до одиничних показників надійності ЛЗКА.

До таких показників слід віднести і такі, що характеризують енергетичні властивості комбайнів та якість їх функціонування. Енергетичні властивості оцінюють питомими робочим і холостим тяговим опором та питомою витратою потужності на технологічний процес в кВт на одиницю пропускної спроможності (кг/с) або на 1 м ширини захвату комбайна (кВт/м). Пропускна спроможність комбайна, крім оцінювання його енергетичних властивостей, виступає і як факторіальна ознака щодо якісних показників роботи і зокрема очісування стебел. Якість очісування оцінюють втратами насіння від недоочісування стебел та їх відходом в плутанину. За дослідженнями низки науковців пропускна спроможність комбайна має бути в межах 2...5 кг/с. Пропускна спроможність визначає секундну подача насіннесоломистої маси в комбайн, яка залежить від ширини його захвату, швидкості руху та урожайності льону-довгунця на пні, що формується з урахуванням густоти стеблостою і маси стебел.

До одиничних показників надійності льонозбиральних комбайнів слід віднести і розтягнутість розстелених стрічок та перекіс стебел в них. Розтягнутість залежить від ширини захвату рівчаків бральних секцій [8], швидкості руху комбайна і висоти брання льону-довгунця та роботи поперечного транспортера. Розтягнутість стебел, що попадають в зону очісування, викликає підвищення недоочісування та зумовлює зростання відходу стебел в плутанину. Крім того, розтягнутість стрічки спричинює погіршення формування рулонів трести при використанні прес-підбирачів, а сформовані рулони мають дещо більшу висоту і при їх навантажуванні і транспортуванні пошкоджуються верхівка і гузирева частина стебел, що не сприятиме збільшеному виходу волокна та поліпшенню його якості. Перекіс стебел в стрічці та їх перехрещування утруднюють або ж унеможливають використання засобів механізації на підніманні трести. Перекіс і перехрещування стебел в стрічці, як одиничні показники надійності технологічного процесу комбайнів, висвітлені у [9].

Проте, поряд з одиничними показниками надійність машин включає їх ремонтпридатність і безвідмовність. Ремонтпридатність, крім іншого, оцінюють тривалістю виконання операцій ТО, у тому числі і щозмінного (ЩТО). Безвідмовність характеризують наробітком на відмову і тривалістю їх усунення. Стосовно льонозбиральних комбайнів при оцінюванні їх надійності слід враховувати і технологічні відмови.

Проф. Л.В. Погорілий [10] розподіляє причини, що викликають технологічні відмови машинних агрегатів сільськогосподарського призначення, на такі: 1) залипання робочих органів оброблюваним чи технологічним матеріалами, в середовищі яких працюють механізми; 2) нагромадження оброблюваних і технологічних матеріалів та їх домішок, що спричинює забивання робочих органів; 3) намотування і напресовування

рослинних решток і бур'янів на обертальні деталі і окремі робочі органи, що викликає порушення нормальних умов чи режимів роботи машин. Наведений перелік причин технологічних відмов характерний і для льонозбиральних комбайнів. Основними робочими органами і складовими елементами комбайнів є подільники, бральний апарат, поперечний транспортер, затискний конвеєр, розстиляльний щит і транспортер вороху. Технологічні відмови комбайнів викликаються забиванням стеблами бральних секцій, поперечного транспортера, входу і виходу затискного конвеєра та транспортера вороху. Вибрані стебла можуть затримуватися і нагромаджуватися на розстиляльному щиту, порушуючи утворення стрічки розстелюваної соломи. Рослинні рештки напресовуються на зуби гребенів очісувального барабана, а стебла намотуються на гребені, спричинюючи порушення якості очісування коробочок і їх транспортування лопатями та викликаючи підвищену витрату потужності на технологічний процес. Означене спричинює підвищений відхід стебел в плутанину, що, крім іншого, викликає збільшений їх вміст у воросі та супроводжується нераціональною витратою дизельного палива, електроенергії і теплоти при його сушінні та переробці. Стебла намотуються і на інші обертальні деталі. Для уникнення забивань робочих органів при використанні льонозбиральних комбайнів періодично зупиняють машинний агрегат і очищають робочі органи від часток технологічних матеріалів та інших рослинних решток. Зупинки агрегату характеризують час настання технологічної відмови, а тривалість очищення робочих органів – визначає витрату часу на усунення технологічної відмови.

Деякі питання технологічних відмов льонозбиральних комбайнів розглянуто у [11]. Відношення середньої тривалості технологічних відмов впродовж зміни роботи ЛЗКА до середньої тривалості основного часу становило 0,52. Проте, оцінювання показників надійності льонозбиральних комбайнів вимагає подальших досліджень.

Мета дослідження полягала в уточненні визначення показників оцінювання надійності комбайнів. *Завдання дослідження*: 1) дослідити розподіли наробітку на технологічну відмову та тривалості усунення відмов; 2) з'ясувати взаємозалежності основного часу зміни ЛЗКА і тривалості ЩТО комбайнів та наробітку на технологічну відмову і тривалості усунення відмов; 3) узагальнити показники оцінювання технологічної надійності комбайнів та їх вплив на годинну інтенсивність використання ЛЗКА; 4) проаналізувати зміну продуктивності ЛЗКА за годину змінного часу з урахуванням виконання ЩТО комбайнів.

Об'єкт та методика досліджень. Об'єктами досліджень були льонозбиральні агрегати у складі тракторів класу 1,4 і комбайнів ЛК-4Т, технологічний процес роботи агрегатів, тривалості наробітку до технологічної відмови та час усунення відмов. Джерелом вихідної інформації слугували хронометражні спостереження за використанням агрегатів та фотографії робочого дня обслуговуючого персоналу. Листи хронометражних

спостережень опрацьовували за стандартними методиками, а обробка зібраного статистичного матеріалу здійснена з використанням методів кореляційно-регресійного аналізу [12] та стандартних комп'ютерних програм.

Результати дослідження. Характеристики емпіричних розподілів, що визначають виконання ЩТО комбайнів та оцінні показники їх технологічної надійності, наведені в таблиці.

Коефіцієнт кореляції між тривалістю основного часу зміни ЛЗКА і тривалістю ЩТО комбайнів мав додатне значення 0,098. Кількісний вплив тривалості ЩТО $T_{\text{ЩТО}}$ комбайнів на тривалість основного часу зміни T_p ЛЗКА та T_p на $T_{\text{ЩТО}}$ за результатами регресійного аналізу у графічному поданні наведено на рис. 1. Кут θ між лініями регресії визначає міру залежності однієї ознаки від іншої. Якщо $\theta = 90^\circ$, то T_p і $T_{\text{ЩТО}}$ незалежні змінні і лінії регресії паралельні координатним осям [12]. У досліджуваному випадку $\theta = 75^\circ 11'$, що свідчить про надто слабкий зв'язок між $T_{\text{ЩТО}}$ і T_p [12]. Істотність цього зв'язку визначили обчисленням t -критерію Стьюдента. За розрахунками t -критерій становив $t_p = 0,43$. З таблиць квантилів розподілу Стьюдента за числа ступенів вільності 19 на рівні значущості 0,05 критичний критерій Стьюдента $t_{\text{кр}} = 2,09$ [12].

Таблиця. Статистичні показники досліджуваних розподілів

Розподіл	Розмах варіювання	Середнє арифметичне значення	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Показник міри		Відношення показника міри до своєї помилки для	
					асиметрії	ексцесу	асиметрії	ексцесу
Тривалість основного часу роботи ЛЗКА T_p , хв	96...354	220	69	31,4	-0,084	1,01	0,16	0,94
Тривалість щозмінного технічного обслуговування $T_{\text{ЩТО}}$, хв	9...133	63	33	52,4	0,38	-0,88	0,71	0,82
Тривалість усунення технологічних відмов впродовж зміни $T_{\text{ТВ}}$, хв	0...404	109	93	85,3	1,61	1,83	3,42	1,94
Частковий коефіцієнт використання часу усунення технологічних відмов $\tau_{\text{ТВ}}$	0,26...1,0	0,77	0,17	22,1	0,84	-3,05	1,78	3,24
Коефіцієнт надійності технологічного процесу $k_{\text{ТН}}$	0,16...1,0	0,69	0,19	27,5	-0,37	-0,51	0,78	0,22
Наробіток на технологічну відмову $t_{\text{НВ}}$, хв	0,3...31,7	8,7	7,05	81,0	1,44	1,45	6,64	3,35
Тривалість усунення технологічної відмови $t_{\text{ТВ}}$, хв	0,2...76,6	13,0	12,12	93,2	2,99	9,52	13,81	21,99

Оскільки розрахунковий t -критерій значно менший критичного, то кореляційний зв'язок між досліджуваними ознаками неістотний. Крім такого твердження за $t_p < t_{кр}$ можливий і висновок щодо нелінійності зв'язку між T_p і $T_{ЩТО}$. Проте з аналізу кореляційного поля $T_p - T_{ЩТО}$ простежується, що і про нелінійність зв'язку між T_p і $T_{ЩТО}$ вести мову не варто. З урахуванням цього слід визнати, що змінні T_p і $T_{ЩТО}$ – незалежні випадкові величини, а тому розрахунок часткового коефіцієнта використання часу зміни (ЧКВЧЗ), що пов'язаний з виконанням ЩТО комбайна, методично коректніше вести з урахуванням зауважень Ю.К. Кіртбая [13] і Б.С. Свірцевського [14] за формулою:

$$\phi_{ЩТО} = (T_{зм} - T_{ЩТО}) / T_{зм} \quad (1)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни роботи ЛЗКА.

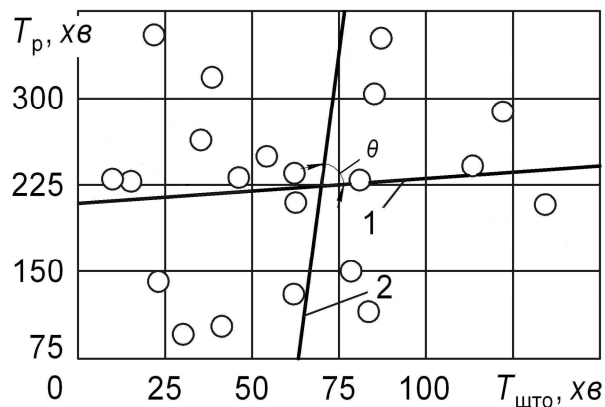


Рис. 1. Взаємозалежність між тривалістю чистого (основного) часу зміни T_p і тривалістю щозмінного технічного обслуговування $T_{ЩТО}$ льнозбиральних комбайнів: 1 – модельна лінія регресії T_p на $T_{ЩТО}$; 2 – модельна лінія регресії $T_{ЩТО}$ на T_p

Тоді тривалість ЩТО, як один із показників ремонтпридатності, а отже і надійності льнозбиральних комбайнів, можна визначити за залежністю [13, 14]:

$$T_{ЩТО} = T_{зм} (1 - \phi_{ЩТО}). \quad (2)$$

Показником, що оцінює затрати часу на усунення технологічних відмов машинних агрегатів (МА) впродовж зміни, є ЧКВЧЗ $\tau_{ТВ}$, що пов'язаний із зупинками МА на очищення робочих органів. У випадках, коли затрати часу впродовж зміни на усунення технологічних відмов незалежні від часу основної роботи, коефіцієнт $\tau_{ТВ}$ рекомендовано визначити за формулою:

$$\phi_{ТВ} = (T_{зм} - T_{ТВ}) / T_{зм}, \quad (3)$$

де $T_{ТВ}$ – час, який витрачають на усунення технологічних відмов впродовж зміни, що викликані порушенням робочого процесу машин і пов'язаних з очищенням робочих органів (характеристика цього часу

як випадкової величини наведена в таблиці).

Між тривалістю усунення технологічних відмов впродовж зміни і часом чистої роботи ЛЗКА визначений досить слабкий від'ємний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції мінус 0,087. Перевірка гіпотези щодо значущості визначеного вибіркового коефіцієнта кореляції з використанням розподілу Стюдента показала, що розрахунковий t -критерій $t_p = -0,44$. За числа ступенів вільності 25 на рівні значущості 0,05 критичний t -критерій $t_{кр} = 2,06$. Оскільки $0,44 < 2,06$, то вибіркового коефіцієнта кореляції слід визнати незначущим і вважати, що зв'язок між досліджуваними ознаками існує, підстав немає. Це свідчить про правомірність розрахунків коефіцієнта $\tau_{ТВ}$ за формулою (3). Основні статистичні показники коефіцієнта $\tau_{ТВ}$ наведені в таблиці.

Коефіцієнт надійності технологічного процесу за [10]:

$$k_{тн} = T_p / (T_p + T_{ТВ}). \quad (4)$$

Характеристика емпіричного розподілу коефіцієнта $k_{тн}$ ЛЗКА наведена в таблиці. Кореляційне поле щодо з'ясування зв'язку між тривалістю усунення технологічних відмов $t_{ТВ}$ (хв) і наробітком на відмову $t_{нв}$ (хв) включало 128 пар відповідних значень ознак. Досліджувані розподіли значущо додатно асиметричні і додатно ексцесивні. Коефіцієнт кореляції між тривалістю усунення технологічної відмови і наробітком на відмову мав від'ємне значення і становив мінус 0,028. Перевірку гіпотези щодо значущості вибіркового коефіцієнта кореляції здійснили з використанням t -критерію Стюдента. Виявилось, що розрахунковий t -критерій дорівнює мінус 0,048. За таблицями квантилів розподілу Стюдента по рівню значущості 0,05 і числу ступенів вільності 3 критичний t -критерій становив 3,18 [12]. Оскільки $|0,048| < 3,18$, то можливе наступне [12]: 1) лінійна модель регресії тривалості усунення технологічної відмови $t_{ТВ}$ на наробіток на відмову $t_{нв}$ не узгоджується з експериментальними даними і рівняння регресії має нелінійний вигляд; 2) змінні $t_{ТВ}$ і $t_{нв}$ – незалежні випадкові величини; 3) вибіркового коефіцієнта кореляції між $t_{ТВ}$ і $t_{нв}$ – незначущий. Останнє твердження визначає перше тлумачення і для перевірки та з'ясування другого вимагає визначення кореляційного відношення $t_{ТВ}$ по $t_{нв}$. За розрахунками кореляційне відношення становило 0,052 і за критерієм Стюдента є незначущим, що дозволяє дійти висновку щодо незалежності досліджуваних оцінних показників технологічної надійності льонозбирального комбайнового агрегату. Графічна інтерпретація розподілів $t_{нв}$ і $t_{ТВ}$ та взаємозалежності між $t_{ТВ}$ і $t_{нв}$ показані на рис. 2. За розрахунками кут θ між лініями регресії 1 і 2 (рис. 2) дорівнює $82^\circ 50'$. За такого значення кута вважатимемо [12], що між наробітком на відмову і тривалістю її усунення відсутній лінійний функціональний зв'язок.

За дослідженнями продуктивність ЛЗКА за годину змінного часу залежно від ЧКВЧЗ, що враховує простої агрегату із-за виконання ЩТО комбайна, змінюється за законом випуклої параболи другого порядку.

Продуктивність максимізується за ЧКВЧЗ, що дорівнює 0,78 з експлуатаційним допуском $\pm 0,18$. З урахуванням правостороннього допуску тривалість ЩТО має бути близько 17 хв.

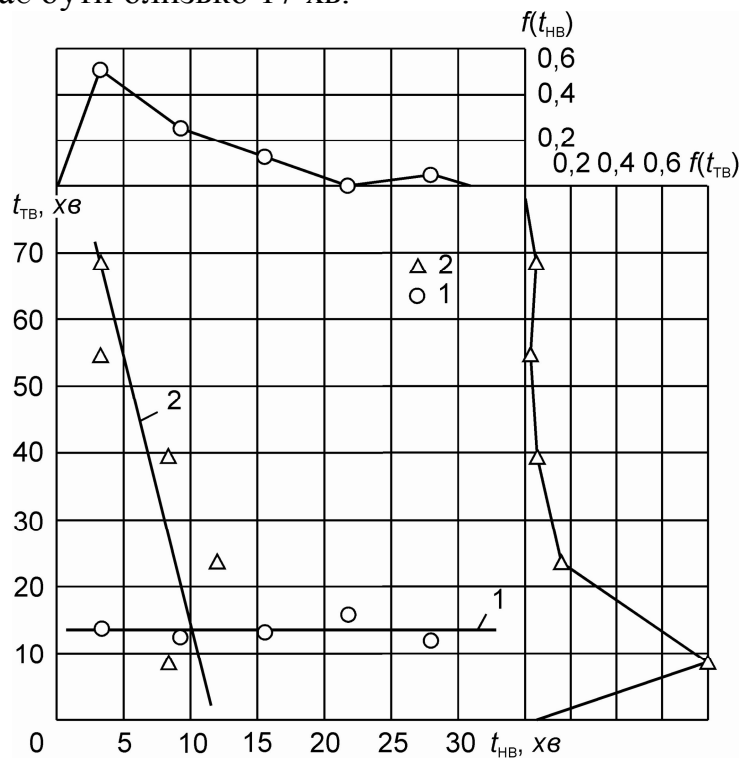


Рис. 2. Полігони розподілів наробітку на технологічну відмову t_{HB} і тривалості усунення відмов t_{TB} та взаємозалежності між цими ознаками:

1 – модельна лінія регресія t_{TB} на t_{HB} ; 2 – модельна лінія регресії t_{HB} на t_{TB}

Залежно від тривалості усунення технологічних відмов впродовж зміни T_{TB} (хв) продуктивність ЛЗКА за годину змінного часу $W_{ГЗ}$ (га/год) описується рівнянням гіперболи:

$$W_{ГЗ} = 0,217 + 14,28/T_{TB} \quad \text{при } r = 0,711 \text{ і } \eta = 751, \quad (5)$$

де r – тут і далі коефіцієнт кореляції між досліджуваними результативною і факторіальною ознаками; η – тут і далі кореляційне відношення результативної ознаки по факторіальній.

За граничним зниженням наробітку $W_{ГЗ}$ визначено, що тривалість усунення технологічних умов комбайна має бути близько 90 хв.

Зміна $W_{ГЗ}$ залежно від ЧКВЧЗ τ_{TB} описується рівнянням гіперболи зворотного зв'язку. З підвищенням τ_{TB} понад 0,70 $W_{ГЗ}$ продовжує зростати, але величина цього зростання сумірна з помилкою рівняння гіперболи:

$$W_{ГЗ} = 0,72 - 0,184/\tau_{TB} \quad \text{при } r = 0,587 \text{ і } \eta = 0,628. \quad (6)$$

З підвищенням коефіцієнта надійності технологічного процесу k_{TH} продуктивність ЛЗКА $W_{ГЗ}$ зростає за законом гіперболи вигляду:

$$W_{ГЗ} = 0,646 - 0,113/k_{TH} \quad \text{при } r = 0,523 \text{ і } \eta = 0,605. \quad (7)$$

Зростання продуктивності агрегату в міру підвищення коефіцієнта

надійності технологічного процесу понад 0,8 сумірно з помилкою рівняння (7) і не перевищує її чисельне значення.

Висновки. Основний час зміни льонозбирального комбайнового агрегату корелює з тривалістю щозмінного технічного обслуговування комбайна з коефіцієнтом кореляції 0,098, який виявився статистично незначущим. Затрати часу на усунення технологічних відмов комбайна незалежні від часу основної роботи ЛЗКА. Наробіток на технологічну відмову і тривалість їх усунення слід вважати незалежними випадковими величинами. Узагальнена зміна продуктивності льонозбирального комбайнового агрегату за годину змінного часу залежно від часткових коефіцієнтів використання часу на щозмінне технічне обслуговування комбайна і на усунення його технологічних відмов та залежно від тривалості усунення цих відмов впродовж зміни і коефіцієнта технологічної надійності льонозбирального комбайна.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку слід зосередити на з'ясуванні законів розподілу складових характеристик експлуатаційних станів льонозбиральних комбайнів.

Список використаних джерел

1. *Шейченко В.О.* Льонозбиральна техніка: проблеми та перспективи розвитку / В.О. Шейченко // Вісн. аграр. науки. – 2010. – № 5. – С. 60 – 65.
2. *Басин В.С.* Надежность – это не только вероятность безотказной работы / В.С. Басин // 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. 305 – 309.
3. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860 – 94. – [Чинний від 1996 – 01 – 01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.
4. *Рябцев В.Н.* Использование льноуборочных машин в условиях Северо-Запада / В.Н. Рябцев, И.В. Ершов // Лен и конопля. – 1976. – № 1. – С. 34 – 36.
5. Работоспособность и сохранность сельскохозяйственной техники / [Севернев М.М., Каплун Г.П., Подлекарев Н.Н. и др.]; под ред. М.М. Севернева. – Минск: Ураджай, 1980. – 192 с.
6. 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] / [Колектив авторів]; за ред. В.І. Кравчука і Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 296 с.
7. *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.
8. *Хайлис Г.А.* О путях уменьшения растянутости стеблей льна при теревлении / Г.А. Хайлис, В.А. Шейченко // Наук. вісн. Нац. ун-ту

- біоресурсів і природокористування України / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2006. – Вип. 92, Ч. 2. – С. 340 – 345.
9. Лимонт А.С. Розташування стебел в стрічці при збиранні льону-довгунця комбайнами / А.С. Лимонт // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 11. – С. 55–57.
10. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин / Погорелый Л.В. – К.: Техніка, 1981. – 1981. – 176 с.
11. Лимонт А.С. Технологічні відмови і продуктивність льнозбиральних комбайнових агрегатів / А.С. Лимонт // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 9. – С. 44 – 47.
12. Герасимович А.И. Математическая статистика: [учеб. пособ. для инж.-техн. и экон. спец. вузов] / Герасимович А.И. – Минск: Вышэйш. шк., 1983. – 279 с.
13. Кіртбая Ю.К. Основи комплексної механізації сільськогосподарського виробництва / Кіртбая Ю.К.; за ред. В.В. Заморського. – К.: Вид-во Укр. акад. с.-г. наук, 1961. – 206 с.
14. Свирцевский Б.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка: [учеб. пособ. для институтов и факультетов механизации и электрификации с. х.] / Свирцевский Б.С. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 660 с.

Аннотация

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЛЬНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А.С. Лимонт

Исследованы распределения наработки на технологический отказ, длительности устранения отказов и ежесменного технического обслуживания, а также основного времени смены льноуборочных комбайнов. Определена качественная и количественная связь между указанными показателями надежности и ремонтпригодности машин. Приведены модельные уравнения регрессии, описывающие выявленные количественные изменения исследуемых признаков.

Abstract

THE ASSESSMENT OF INDICES OF RELIABILITY OF FLAX HARVESTERS

A. Limont

The paper presents the investigation into the distribution of mean-time-between failures, the duration of removing mean-time-between failures and monthly technical servicing, as well as the basic time of replacing flax harvesters. The author determines the qualitative and quantitative relations between the above indices of the machinery reliability and maintainability. The paper presents the regression model equations which describe the quantitative changes of the investigated indices revealed.