

**Визначення технологічно допустимої тривалості виконання  
обслуговуючо-ремонтних втручань при виконанні механізованих  
грунтообробно-посівних процесів**

**Сидорчук О.В. д.т.н., проф., член-кор. НААНУ, Войтюк В.Д. к.т.н., доц.**

*Приведено аналіз та узагальнені результати комп'ютерних експериментів по визначенню технологічно допустимої тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань і допустимих простоїв машинних агрегатів із врахуванням енергоозброєності механізованого технологічного процесу, агрометеорологічних умов його виконання на основі формування бази початкових даних, обґрунтування ретроспективної кількості ітерацій моделі та виконання моделювання.*

**Постановка проблеми.** Постій машин із технічних причин для виконання ремонту чи обслуговування, характеризується вимогами до допустимої тривалості перебування у обслуговуючо-ремонтній сфері. Лише техніка, вилучена зі сфери експлуатації для продажу або ремонту, не має цієї тривалості. Навіть резервна техніка, що може бути у структурі парку сільськогосподарських підприємств, не може надто тривало перебувати на технічному обслуговуванні або ремонті.

Інформація про вимоги механізованих технологічних процесів до тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань є важливою для розвитку технічного сервісу. За великої допустимої тривалості перебування машин у ремонтній сфері обслуговуючо-ремонтна система буде об'єктивно мати раціональні значення параметрів нижчими, ніж за невеликої (жорсткої) тривалості.

**Метою дослідження** є визначення технологічно допустимої тривалості

обслуговуючо-ремонтних втручань при виконанні механізованих ґрунтообробно-посівних процесів.

**Результати досліджень.** Використання удосконаленої статистичної імітаційної моделі виконання механізованих процесів із весняної підготовки ґрунту та сівби ярих культур дало змогу на підставі комп'ютерних експериментів встановити, що тривалість перебування машини в обслуговуючо-ремонтній сфері ( $\Delta t_{po}^d$ ) для ґрунтообробно-посівних машин які працюють на полях із різними культурами характеризується різними закономірностями. Ця відмінність зумовлена різними вимогами до термінів сівби сільськогосподарських культур.

Програма комп'ютерних експериментів для встановлення зазначених закономірностей включала наступні етапи: формування бази початкових даних; обґрунтування ретроспективної кількості ітерацій моделі ( $Np$ ) та виконання моделювання; аналіз та узагальнення результатів комп'ютерних експериментів.

База початкових даних комп'ютерних експериментів включала інформацію щодо статистичних характеристик агрометеорологічних умов Малого Полісся Львівщини для періоду виконання весняних ґрунтообробно-посівних робіт: час початку ( $\tau_{\Phi}^n$ ) фізичної стиглості ґрунту у весняний період; тривалість ( $\Delta t$ ) прогрівання ґрунту до температури сівби сільськогосподарських культур відносно часу початку його фізичної стиглості; тривалість погожих ( $t_{nn}$ ) та непогожих ( $t_{nn}$ ) проміжків весняного періоду; час виникнення ( $\tau_{вн}$ ) та завершення ( $\tau_{зн}$ ) непогожого проміжку в розрізі доби. Щодо початкових даних які відображають технічну складову механізованого процесу то слід зазначити, що комплекс ґрунтообробно-посівних машин було сформовано на базі трактора МТЗ-82.

Для розкриття впливу агрометеорологічних умов весняного періоду на стохастичність  $\Delta t_{po}^d$  прийнято умову ідеального узгодження обсягів механізованих робіт з темпом їх виконання. Математичне сподівання часу початку фізичної стиглості ґрунту у весняний період в умовах Малого Полісся Львівщини становить 85 добу від початку року, тобто - 26 березня. Відповідно

до вимог сільськогосподарських культур до температурних умов їх сівби у весняний період, природно дозволений фонд часу на виконання підготовки ґрунту та сівби морозостійких культур становить до 5 діб, холодостійких - 7 діб та теплолюбних - 32 доби. Виходячи із цих термінів агротехнічних вимог до виконання технологічної операції сівби (5 діб) та продуктивності машинних агрегатів відповідного комплексу машин були прийняті наступні значення площі морозостійких, холодостійких і теплолюбних культур по 45 га. Таким чином була забезпечена ідеалізована умова узгодження обсягів робіт із агрометеорологічно зумовленим темпом їх виконання (згідно з оцінками математичного сподівання відповідних показників).

Кількість ітерацій моделі обґрунтовано виходячи із потреби мінімального генерування кожного із ймовірнісних показників в межах  $N_p=25$ . У цьому разі виникає можливість об'єктивно відобразити сукупну дію множини ймовірнісних чинників на статистичні характеристики  $\Delta t_{po}^d$ .

Моделювання механізованого процесу виконувалось для монокультури (морозостійких, холодостійких або теплолюбних культур) на підставі удосконаленої комп'ютерної програми статистичної імітаційної моделі обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур у весняний період.

Опрацювання результатів моделювання на підставі методів кореляційно-регресійного аналізу дало змогу встановити залежність  $\Delta t_{po}^d$  від часу настання технічної відмови (рис.1).

Рівняння залежності  $\Delta t_{po}^d$  від часу настання технічної відмови  $\tau_v$  під час виконання робіт на полях із холодостійкими культурами має вигляд:

$$\Delta t_{po}^d = 0.0146 \cdot \tau_v^2 - 2.9748 \cdot \tau_v + 152.44.$$

Кореляційне відношення становить  $r = 0,791$ , переконує у підтвердженні гіпотези щодо існування зв'язку між цими показниками.

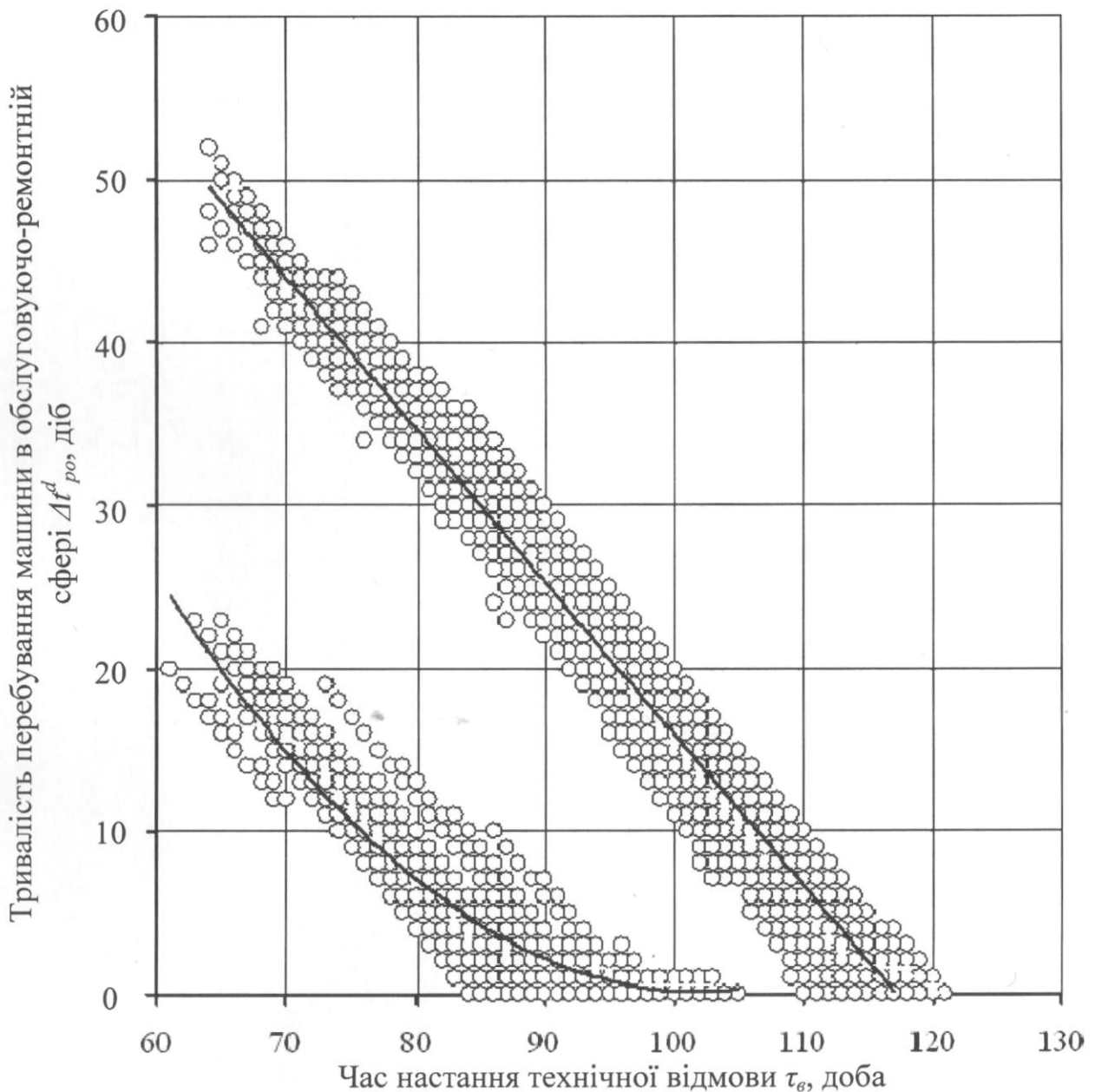


Рис. 1. Залежність технологічно допустимої тривалості перебування ґрунтообробно-посівних машин в обслуговуючо-ремонтній сфері від часу настання їх технічної відмови: 1) для холодостійких культур; 2) для теплолюбних культур.

Відповідно до результатів моделювання технологічно допустима тривалість перебування ґрунтообробно-посівних машин в обслуговуючо-ремонтній сфері для варіанту їх застосування на полях із теплолюбними культурами перебуває у лінійній кореляційній залежності (коефіцієнт кореляції  $r = 0,882$ ) від часу настання технічної відмови:

$$\Delta t_{po}^d = 0.0001426 \cdot T_B^3 - 0.0372 \cdot T_B^2 + 2.2287 \cdot T_e + 22.965 \quad (2)$$

Результати моделювання механізованого процесу підготовки ґрунту та сівби морозостійких культур переконують у тому, що за умови планування таких обсягів робіт які узгоджуються із темпами виконання технологічних операцій заданим комплексом машин технологічно допустима тривалість прямує до нуля. Виникнення непогожих проміжків у період виконання технологічно нерозривних операцій із підготовки ґрунту та сівби культур зумовлює виникнення проміжку часу, який потенційно можна використати для виконання обслуговуючо-ремонтних втручань. Однак у цьому разі сівба виконуватиметься несвоєчасно, а механізований процес супроводжуватиметься технологічними втратами врожайності сільськогосподарських культур. Що, для заданих умов, виключає доцільність планування обслуговуючо-ремонтних втручань.

Аналіз відхилення показників  $\Delta t_{po}^d$  для різних термінів настання технічної відмови дав змогу на підставі методів математичної статистики обґрунтувати розподіл цих випадкових величин (табл. 1) та (рис. 2-3). Керуючись вимогами ГОСТ щодо перевірки відповідності між емпіричним і теоретичним розподілами, на підставі критерію  $\chi^2$  Пірсона обґрунтовано, що емпіричний розподіл  $\Delta t_{po}^d$  узгоджується з трипараметричним законом Вейбулла.

Отримані статистичні закономірності зміни технологічно допустимої тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань під час виконання механізованих процесів підготовки ґрунту та сівби сільськогосподарських культур свідчать про те, що ця тривалість змінюється залежно від календарного часу виникнення відмови у весняний період польових робіт. Щоб встановити вплив енергоозброєності механізованого процесу на технологічно допустиму тривалість виконання обслуговуючо-ремонтних втручань виконаємо статистичне імітаційне моделювання системи «поле-культура-процес-машинні агрегати - агрометеорологічні умови» за зміненими її параметрами - зміненою площею полів за заданого технічного забезпечення технологічного процесу та агрометеорологічних умов. Це дало змогу від слідкувати тенденцію зміни

допустимої тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань від рівня енергоозброєності технологічного процесу та концептуально означити вимоги до функціонування обслуговуючо-ремонтної системи.

Таблиця 1. Диференціальні функції розподілу та оцінки статистичних характеристик технологічно допустимої тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань

Термін настання технічної відмови	Диференціальна функція розподілу	Оцінки статистичних характеристик	
		$\bar{M}[\Delta m], \text{г}$	$\bar{v}[\Delta m]$
<b><u>Холодостійкі культури</u></b>			
2-17 березня (60-75 доби)	$f(\Delta_{po}^d) = 0,29 \cdot \left(\frac{\Delta_{po}^d - 9}{6,908}\right)^{1,005} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\Delta_{po}^d - 9}{6,908}\right)^{2,005}\right]$	15,122	0,519
18 березня – 2 квітня (76-91 доби)	$f(\Delta_{po}^d) = 0,304 \cdot \left(\frac{\Delta_{po}^d - 1}{4,973}\right)^{0,51} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\Delta_{po}^d - 1}{4,973}\right)^{1,51}\right]$	5,484	0,671
3 квітня – 18 квітня (92-107 доби)	$f(\Delta_{po}^d) = 1,112 \cdot \left(\frac{\Delta_{po}^d - 1}{1,269}\right)^{0,411} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\Delta_{po}^d - 1}{1,269}\right)^{1,411}\right]$	2,155	0,717
<b><u>Теплолюбні культури</u></b>			
2-22 березня (60-80 доби)	$f(\Delta_{po}^d) = 0,225 \cdot \left(\frac{\Delta_{po}^d - 33}{7,968}\right)^{0,791} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\Delta_{po}^d - 33}{7,968}\right)^{1,791}\right]$	40,087	0,573
23 березня – 11 квітня (81-100 доби)	$f(\Delta_{po}^d) = 0,168 \cdot \left(\frac{\Delta_{po}^d - 12}{13,253}\right)^{1,228} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\Delta_{po}^d - 12}{13,253}\right)^{2,226}\right]$	23,737	0,474
12 квітня – 1 травня (101-120 доби)	$f(\Delta_{po}^d) = 0,228 \cdot \left(\frac{\Delta_{po}^d - 1}{8,267}\right)^{0,885} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\Delta_{po}^d - 1}{8,267}\right)^{1,885}\right]$	8,338	0,548

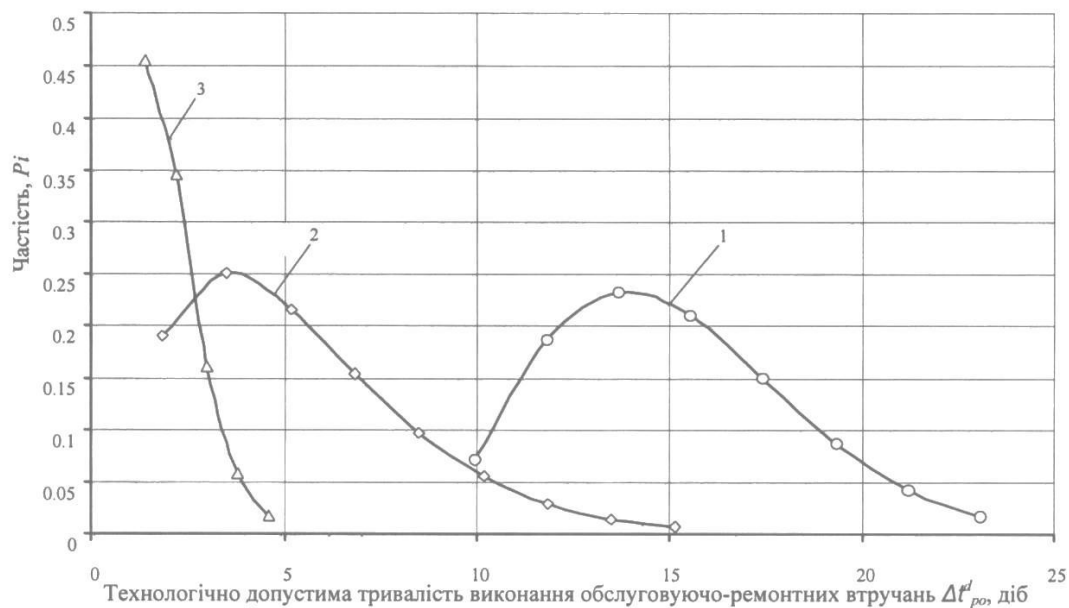


Рис. 2. Теоретичні криві розподілу  $\Delta t_{po}^d$  під час виконання підготовки ґрунту та сівби холодостійких культур за різних термінів настання технічної відмови у весняний період: 1 - 2-17 березня (60-75 доби); 2-18 березня-2 квітня (76-91 доби); 3 - 3 квітня-18 квітня (92-107 доби).

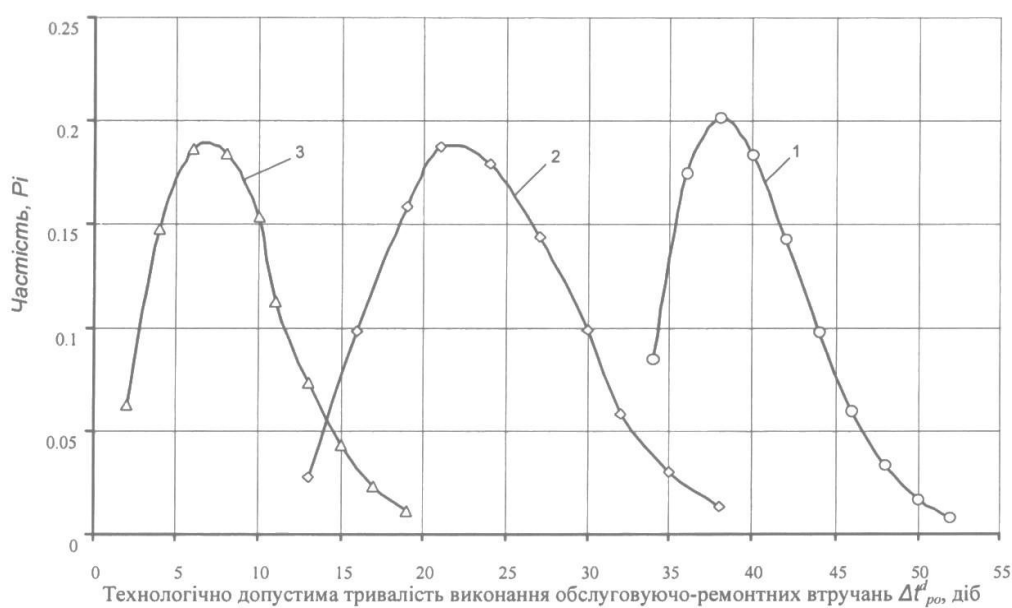


Рис. 3. Теоретичні криві розподілу  $\Delta t_{po}^d$  під час виконання підготовки ґрунту та сівби теплолюбних культур за різних термінів настання технічної відмови у весняний період: 1 - 2-22 березня (60-80 доби); 2-23 березня-11 квітня (81-100 доби); 3-12 квітня-1 травня (101-120 доби).

Аналіз результатів статистичного імітаційного моделювання

механізованого технологічного процесу весняного обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур свідчить про те (рис. 4-5), що залежність оцінки математичного сподівання технологічно дозволеної тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань від рівня енергоозброєності відповідного процесу описується формулою:

$$\Delta t_{po}^d = a \cdot \varepsilon^2 - b \cdot \varepsilon + c \quad (3)$$

де a, b, c - емпіричні коефіцієнти, що залежать від рівня енергоозброєності процесу (табл. 2).

Таблиця 2. Значення емпіричних коефіцієнтів

Час настання технічної відмови $\tau_b$ , доба	Емпіричні коефіцієнти		
	a	b	c
Холодостійкі культури			
60	0,001	- 0,233	31,158
70	0,001	- 0,2292	23,032
80	0,0011	- 0,2353	16,12
90	0,00145	- 0,2206	8,502
Теплолюбні культури			
60	3,5486	- 13,625	58,08
70	3,7671	- 13,984	50,146
80	3,5743	- 13,683	41,15
90	3,5807	- 13,632	30,002
100	3,5679	- 13,265	17,828

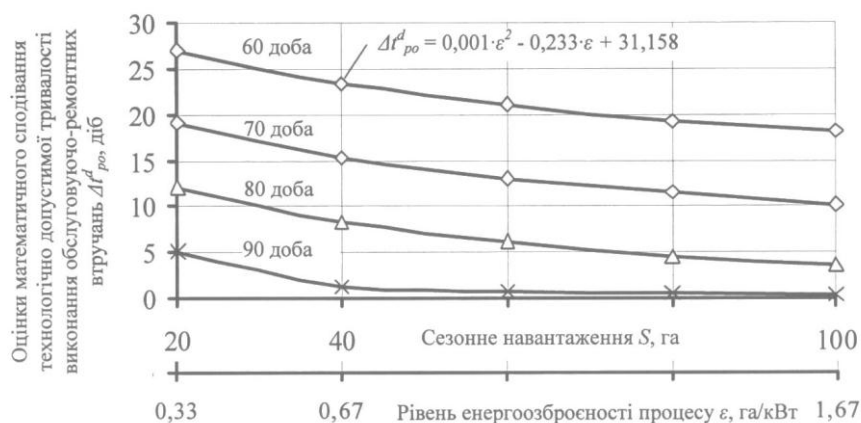


Рис. 4. Залежність оцінки математичного сподівання  $\Delta t_{po}^d$  для мобільних енергетичних засобів, що виконують весняний ґрунтообробно-посівний процес, від рівня його енергоозброєності за різного часу настання технічної відмови (для холодостійких культур).



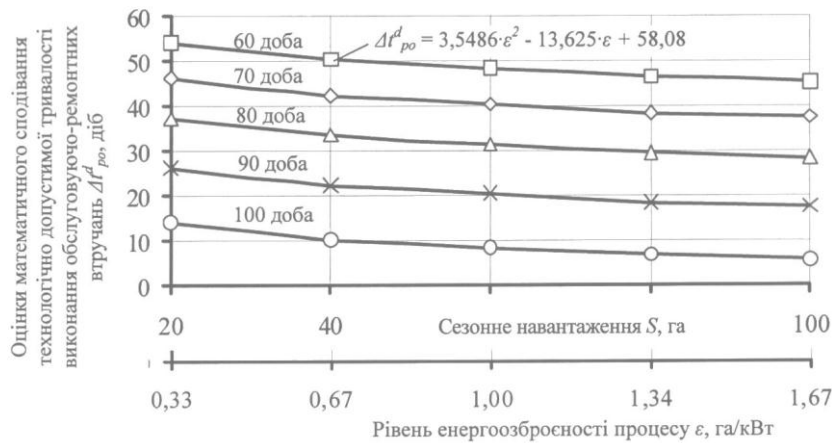


Рис. 5 Залежність оцінки математичного сподівання  $\Delta t_{po}^d$  для мобільних енергетичних засобів, що виконують весняний ґрунтообробно-посівний процес, від рівня його енергоозброєності за різного часу настання технічної відмови (для теплолюбних культур).

**Висновки.** Доведено, що із зменшенням рівня енергоозброєності ( $\epsilon$ ) механізованого технологічного процесу вимоги до тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань зростають, що зумовлює потребу залучення більшої кількості технічних ресурсів його виконання. Вказане слід враховувати під час проектування та розвитку виробничої системи технічного обслуговування та ремонту мобільної енергонасиченої техніки.

### Список літератури:

1. Сидорчук О., Луб П. Природно дозволений час для весняної підготовки ґрунту до сівби // Вісн. Львів, держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. - 2004.- №8. - С. 9-16.
2. Сидорчук О., Сенчук С., Луб П., Кабар В. Агрометеорологічні підстави розвитку функціональних структур рільництва // Вісн. Львів, держ. аграр. ун-ту: Агрономія. - 2004.- №8. - С.119-123.
3. Луб П. М. Обґрунтування параметрів комплексу ґрунтообробних машин сільськогосподарського підприємства : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва" / П. М. Луб. - Львів, 2006. - 20 с.

## **Аннотация**

### **Определение технологически допустимого времени выполнения работ по обслуживанию и ремонту при выполнении механизированных почво-посевных процессов**

Сидорчук О.В., Войтюк В.Д

*Приведен анализ и обобщены результаты компьютерных экспериментов по определению технологически допустимого времени выполнения обслуживающе-ремонтных работ и допустимых простоев машинных агрегатов с учетом энерговооруженности механизированного технологического процесса, агрометеорологических условий его выполнения на основе формирования базы исходных данных, обоснования ретроспективного количества итераций модели та выполнения моделирования.*

## **Abstract**

### **Definition of technologically time limit for performance of works on maintenance and repair of the implementation of mechanized of soil sown processes**

Sidorchuk O.V., Voytyuk E

*The analysis and synthesis of the results of computer experiments on determination of technologically time limit for performing the servicing and repair works and the allowable downtime of machinery units, taking into account energy potential of mechanised technological process, agrometeorological conditions of its implementation on the basis of forming the base of the initial data, the justification of a retrospective of the number of iterations of the model the performance modeling.*