

прицепов-перегрузателей. Широкий типоразмер таких прицепов (за их емкостью), позволяет эффективно использовать их в различных по составу и производительности уборочных комплексах.

Ключевые слова: зерно, уборка, транспортировка, транспортные средства, эффективность

ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF GRAIN DURING HARVEST

S. G. Fryshev

Abstract. A refined method for determining the main parameters of harvesting-transport complex of machines for grain crops. The values of the limit of the rational capacity of bunkers combine harvesters and trailers that depend on the performance of the harvesters.

The efficiency of application handling of trailers is achieved by their inclusion in the harvesting-transport complex, which contains a group of combine harvesters (preferably the same brand and performance), and vehicles. It is necessary that the volume of a body of the trailer-loader was a multiple of a certain number of volumes of bunker harvester. Unloads grain from the combine is usually on the go, without stopping or while stopped combine harvesters. Studies show that effective activities of large grain farms is largely due to the availability and rational use at the time of grain harvesting trailers-loaders. Wide size of such trailers (for their capacity), allows effectively to use them in different composition and productivity of harvesting systems.

Key words: grain, harvesting, transportation, vehicles, efficiency

УДК 631.3:62-192

МОДЕЛЮВАННЯ ВТРАТ ВРОЖАЮ ВНАСЛІДОК ВІДМОВИ МАШИНИ ПРИ ПРОПОРЦІЙНОСТІ ВТРАТ ВІДХИЛЕННЮ ВІД ОПТИМАЛЬНОГО АГРОСТРОКУ

С. А. Шевченко, кандидат технічних наук
Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка
e-mail: Serg.Shevchen@gmail.com

Анотація. Одним з основних факторів, який обумовлює якість технологічної операції рослинництва, є час її виконання.

© С. А. Шевченко, 2017

Несвоєчасність виконання операції призводить до зменшення коефіцієнту реалізації біологічного потенціалу (КРБП) рослин і, відповідно, втрати частини врожаю. Метою даної роботи є визначення залежностей чисельних характеристик втрати врожаю внаслідок відмови машини. Втрати врожаю апроксимуються як пропорційні модулю відхилення часу виконання операції від оптимального агротехнічного строку.

По-перше, середнє значення КРБП рослин за відсутності відмов визначається. Далі, визначається середнє значення КРБП рослин за наявності відмови. Втрата врожаю визначається шляхом порівняння указаних значень середніх КРБП рослин.

Втрата врожаю розглядається як функція від двох випадкових величин – моменту виникнення відмови і тривалості відновлення машини. Розглядаються два випадки: відмова машини на висхідній частині залежності КРБП рослин від часу та відмова на спадаючій частині цієї залежності.

За допомогою теорії функцій від випадкових аргументів чисельні характеристики втрат врожаю окремо для кожного з цих випадків обчислюються. Втрати КРБП рослин визначаються як імовірнісна суміш цих часткових втрат. Одержано залежності чисельних характеристик втрат врожаю від чисельних характеристик тривалості відновлення машини і інтенсивності втрат врожаю із часом. Спрощені залежності для випадку експоненціального розподілу тривалості відновлення одержані.

Одержані результати можуть використовуватись при виборі стратегії і концепції технічного обслуговування машин рослинництва та при створенні автоматизованих систем прийняття рішень в рослинництві.

Ключові слова: машина, відмова, тривалість відновлення, втрата врожаю

Постановка проблеми. Як відомо, одним з основних факторів, який обумовлює якість виконання технологічної операції рослинництва є час її виконання. Несвоєчасність виконання операції (відхилення від оптимального агростроку) призводить до зменшення коефіцієнту реалізації біопотенціалу (КРБП) рослин і, відповідно, втрати частини врожаю [1]. Отже, при виборі стратегії і концепції технічного обслуговування машин рослинництва доцільно враховувати вплив відмов на втрати врожаю. З підвищенням надійності машин імовірність виникнення відмови зменшилась, однак тривалість відновлення може бути значною, зважаючи на час очікування доставки запасних частин. Ефективне керування ризиками аграрних підприємств потребує імовірнісного оцінювання можливих втрат врожаю внаслідок відмов машин.

Аналіз останніх досліджень. Залежність КРБП рослин від часу виконання операції є предметом численних досліджень (наприклад, [2–4]). Переважно, залежність КРБП рослин від часу виконання операції розглядається як опукла. Кусково-лінійна апроксимація такої залежності використовується у [5], де наведені показники інтенсивності втрат урожаю при відхиленні термінів виконання польових робіт від агротехнічних. Для переважної більшості робіт інтенсивність втрат (за добу) характеризується однаковими значеннями і при відхиленні від початку агростроку, і при відхиленні від його завершення [5]. Отже, обчислення втрат як пропорційних модулю відхилення від оптимального агростроку може використовуватись для апроксимації залежності КРБП рослин від часу виконання операції, причому коефіцієнт пропорційності залежатиме від інтервалу часу, на якому ця апроксимація визначається.

В роботах [6, 7] втрати врожаю внаслідок відмов машин визначаються шляхом імітаційного моделювання відповідно до заданих законів розподілу напрацювання між відмовами та тривалості відновлення. У роботі [8] методом статистичного імітаційного моделювання визначено залежність технологічно допустимої тривалості перебування машин у сфері ТОіР від енергозабезпеченості технологічного процесу і часу настання відмови. В роботі [9] втрати КРБП рослин розглядаються як функція від випадкових величин – моменту виникнення відмови та тривалості відновлення (при лінійній спадаючій залежності КРБП рослин від часу). Отже, невирішеною частиною проблеми є імовірнісне визначення втрат КРБП рослин внаслідок відмов машин.

Метою досліджень є визначення залежностей чисельних характеристик втрати КРБП рослин внаслідок відмови машини при їх апроксимації як пропорційних модулю відхилення від оптимального агростроку.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити методику дослідження;
- визначити залежність чисельних характеристик втрат від чисельних характеристик тривалості відновлення і інтенсивності зменшення КРБП рослин від часу виконання операції;
- проаналізувати випадок, коли тривалість відновлення розподілена за експоненціальним законом.

Результати досліджень. Визначення чисельних характеристик втрат врожаю. Застосовуватимемо наступну методику визначення чисельних характеристик втрат урожаю внаслідок відмови машини. Інтервал часу виконання технологічної операції розіб'ємо на дві частини – до досягнення екстремуму та

після нього. Висхідну та спадаючу частини залежності КРБП рослин від часу апроксимуватимемо функціями:

$$\kappa(t) = 1 - k_1 |t - T_E| = \begin{cases} \kappa_D(t) & 0 < t < T_E \\ \kappa_{II}(t) & t \geq T_E \end{cases}, \quad (1)$$

$$\kappa_D(t) = 1 - k_1(T_E - t), \quad (2)$$

$$\kappa_{II}(t) = 1 - k_1(t - T_E). \quad (3)$$

де: κ – КРБП рослин; k_1 – коефіцієнт пропорційності, 1/год; κ_D – висхідна частина залежності КРБП рослин від часу; T_E – час досягнення екстремуму КРБП рослин, год; κ_{II} – спадаюча частина залежності КРБП рослин від часу.

Визначимо середнє значення КРБП рослин за відсутності відмов:

$$\kappa_0 = \frac{1}{T} \left[\int_0^{T_E} \kappa_D(t) dt + \int_{T_E}^T \kappa_{II}(t) dt \right], \quad (4)$$

де: T – тривалість виконання технологічної операції за відсутності відмов, год.

Далі визначатимемо моменти розподілу КРБП рослин внаслідок відмови машини, відповідні кожній із частин цієї залежності та обчислюватимемо узагальнені дані, використовуючи властивості імовірнісної суміші випадкових величин.

По-перше, розглянемо випадок, коли відмова відбулася до того, як поточне значення КРБП рослин досягло екстремуму. При цьому на інтервалі часу усунення відмови операція призупиняється, а потім поновлюється. Втрата КРБП рослин визначається різницею між її значеннями, відповідними часу відновлення, та значеннями, відповідними вимушеному подовженню операції:

$$\Delta\kappa_D(\varphi, \tau) = \kappa_0 - \kappa_D(\varphi, \tau) = \frac{1}{T} \left(\int_{\varphi T}^{\varphi T + \tau} \kappa_D(t) dt - \int_T^{T + \tau} \kappa_{II}(t) dt \right), \quad (5)$$

де: $\Delta\kappa_D$ – втрата КРБП рослин за умови, що відмова відбулась на висхідній ділянці залежності КРБП рослин від часу.

По-друге, розглядатимемо випадок, коли відмова відбулася після того, як поточне значення КРБП рослин досягло екстремуму. У цьому випадку визначення втрат КРБП рослин доцільно здійснювати аналогічно тому, як це було обґрунтовано для монотонно-спадаючої залежності КРБП від часу (21):

$$\kappa_{II} = \frac{1}{T} \left(\int_0^{T_E} \kappa_D(t) dt + \int_{T_E}^{T_E + \varphi T} \kappa_{II}(t) dt + \int_{T_E + \varphi T}^{T_E + \varphi T + \tau} \kappa_{II}(t) dt \right), \quad (6)$$

$$\Delta\kappa_{II}(\varphi, \tau) = \kappa_0 - \kappa_{II}(\varphi, \tau) = \frac{1}{T} \left(\int_{T_E + \varphi T}^{T_E + \varphi T + \tau} \kappa_{II}(t) dt - \int_T^{T + \tau} \kappa_{II}(t) dt \right), \quad (7)$$

де: $\Delta\kappa_{II}$ – втрата КРБП рослин за умови, що відмова відбулась на спадаючій ділянці залежності КРБП рослин від часу.

Втрати КРБП рослин розглядатимемо як імовірнісну суміш наведених вище часткових втрат. Це дає змогу визначити числові характеристики втрат, здійснюючи усереднення по часу виникнення відмови і тривалості відновлення:

$$\Delta\kappa = p_D \Delta\kappa_D + p_{II} \Delta\kappa_{II}, \quad (8)$$

де: p_D – імовірність виникнення відмови на висхідній ділянці залежності КРБП рослин від часу; p_{II} – імовірність виникнення відмови на спадаючій ділянці залежності КРБП рослин від часу.

Розглядатимемо випадок, коли екстремум КРБП рослин відповідає середині тривалості виконання технологічної операції за відсутності відмов:

$$T_E = \frac{T}{2}.$$

Визначимо середнє значення КРБП рослин за відсутності відмов з урахуванням (1)–(3):

$$\kappa_0 = \frac{1}{T} \left[\int_0^{T/2} \left(1 - k_1 \left(\frac{T}{2} - t \right) \right) dt + \int_{T/2}^T \left(1 - k_1 \left(t - \frac{T}{2} \right) \right) dt \right] = 1 - \frac{k_1 T}{4}. \quad (9)$$

По-перше, розглянемо випадок, коли відмова відбулася до того, як КРБП рослин досяг екстремуму. Використовуючи (5), одержимо.

$$\Delta\kappa_D \approx \frac{1}{T} \left(\int_{\varphi T}^{\varphi T + \tau} \left(1 - k_1 \left(\frac{T}{2} - t \right) \right) dt - \int_T^{T + \tau} \left(1 - k_1 \left(t - \frac{T}{2} \right) \right) dt \right) = k_1 \varphi \tau + k_1 \frac{\tau^2}{T}. \quad (10)$$

де: $\Delta\kappa_D$ – втрата КРБП рослин, якщо відмова виникла до того, як значення КРБП рослин досягло екстремуму.

Визначимо два перші початкові моменти зменшення КРБП рослин внаслідок відмови:

$$\begin{aligned} \mathbf{M}[\Delta\kappa_D] &= k_1 \int_0^{1/2} \left(\int_0^{\tau_{\max}} \left(\varphi \tau + \frac{\tau^2}{T} \right) f_\tau(\tau) d\tau \right) f_\varphi(\varphi) d\varphi = \\ &= k_1 \left(\mathbf{M}[\tau] \mathbf{M}[\varphi] + \frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{T} \right), \quad (11) \\ \mathbf{M}[\Delta\kappa_D^2] &= k_1^2 \int_0^{1/2} \left(\int_0^{\tau_{\max}} \left(\varphi \tau + \frac{\tau^2}{T} \right)^2 f_\tau(\tau) d\tau \right) f_\varphi(\varphi) d\varphi = \end{aligned}$$

$$=k_1^2 \left(\mathbf{M}[\varphi^2] \cdot \mathbf{M}[\tau^2] + 2 \frac{\mathbf{M}[\varphi] \cdot \mathbf{M}[\tau^3]}{T} + \frac{\mathbf{M}[\tau^4]}{T^2} \right). \quad (12)$$

Розглядаючи момент виникнення відмови як рівномірно розподілений на інтервалі від початку операції до досягнення екстремуму КРБП рослин і виходячи з властивостей рівномірного розподілу визначимо:

$$\mathbf{M}[\varphi] = \frac{1}{4}, \quad (13)$$

$$\mathbf{M}[\varphi^2] = \int_0^{1/2} \varphi^2 \cdot 2 d\varphi = \frac{1}{12}, \quad (14)$$

$$\mathbf{M}[\Delta\kappa_D] = k_1 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau]}{4} + \frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{T} \right), \quad (15)$$

$$\mathbf{M}[\Delta\kappa_D^2] = k_1^2 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{12} + \frac{\mathbf{M}[\tau^3]}{2T} + \frac{\mathbf{M}[\tau^4]}{T^2} \right). \quad (16)$$

По-друге, розглянемо випадок, коли відмова відбулася після того, як значення КРБП рослин досягло екстремуму. Визначимо середнє значення КРБП рослин з урахуванням (6):

$$\kappa_{II} = \frac{1}{T} \left(\int_0^{T/2} \kappa_D(t) dt + \int_{T/2}^{T/2+\varphi T} \kappa_{II}(t) dt + \int_{T/2+\varphi T+\tau}^{T+\tau} \kappa_{II}(t) dt \right), \quad \varphi \in [0, \frac{1}{2}], \quad (17)$$

$$\kappa_{II} = 1 - \frac{k_1 T}{4} + k_1 \varphi \tau - \frac{k_1 \tau}{2}. \quad (18)$$

Це дає змогу визначити втрату КРБП рослин за формулою (7):

$$\Delta\kappa_{II} = \frac{k_1 \tau}{2} (1 - 2\varphi). \quad (19)$$

Визначимо два перші початкові моменти зменшення КРБП рослин внаслідок відмови (19):

$$\mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}] = \frac{k_1}{2} \int_0^{1/2} \left(\int_0^{\tau_{\max}} [\tau(1-2\varphi)] f_{\tau}(\tau) d\tau \right) f_{\varphi}(\varphi) d\varphi = \frac{k_1}{2} (\mathbf{M}[\tau](1-\mathbf{M}[2\varphi])), \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}^2] &= \frac{k_1^2}{4} \int_0^{1/2} \left(\int_0^{\tau_{\max}} \tau^2 (1-2\varphi)^2 f_{\tau}(\tau) d\tau \right) f_{\varphi}(\varphi) d\varphi = \\ &= \frac{k_1^2}{4} (\mathbf{M}[\tau^2] - 4\mathbf{M}[\varphi] \cdot \mathbf{M}[\tau^2] + 4\mathbf{M}[\varphi^2] \cdot \mathbf{M}[\tau^2]). \end{aligned} \quad (21)$$

Перетворимо ці залежності з урахуванням (13):

$$\mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}] = \frac{k_1 \mathbf{M}[\tau]}{4}, \quad (22)$$

$$\mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}^2] = k_1^2 \frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{12}. \quad (23)$$

Для узагальнення двох розглянутих випадків розташування моменту відмови на інтервалі виконання технологічної операції розглядатимемо втрату КРБП рослин як імовірнісну суміш цих рівноімовірних подій, використовуючи (11), (12), (22), (23):

$$\begin{aligned} \mathbf{M}[\Delta\kappa] &= \frac{\mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}]}{2} + \frac{\mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}]}{2} = \frac{1}{2} k_1 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau]}{4} + \frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{T} \right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{k_1 \mathbf{M}[\tau]}{4} = \\ &= k_1 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau]}{4} + \frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{2T} \right) = k_1 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau]}{4} + \frac{(v_\tau^2 + 1)(\mathbf{M}[\tau])^2}{2T} \right), \end{aligned} \quad (24)$$

$$\mathbf{M}[\Delta\kappa^2] = \frac{\mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}^2]}{2} + \frac{\mathbf{M}[\Delta\kappa_{II}^2]}{2} = k_1^2 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{12} + \frac{\mathbf{M}[\tau^3]}{4T} + \frac{\mathbf{M}[\tau^4]}{2T^2} \right). \quad (25)$$

Визначимо дисперсію та коефіцієнт варіації втрати КРБП рослин:

$$\begin{aligned} \mathbf{D}[\Delta\kappa] &= \mathbf{M}[\Delta\kappa^2] - (\mathbf{M}[\Delta\kappa])^2 = \\ &= k_1^2 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{12} + \frac{\mathbf{M}[\tau^3]}{4T} + \frac{\mathbf{M}[\tau^4]}{2T^2} - \frac{(\mathbf{M}[\tau])^2}{16} - \frac{\mathbf{M}[\tau] \cdot \mathbf{M}[\tau^2]}{4T} - \frac{(\mathbf{M}[\tau^2])^2}{4T^2} \right), \end{aligned} \quad (26)$$

$$v_{\Delta\kappa}^2 = \frac{\mathbf{M}[\Delta\kappa^2]}{(\mathbf{M}[\Delta\kappa])^2} - 1 = \frac{\frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{12} + \frac{\mathbf{M}[\tau^3]}{4T} + \frac{\mathbf{M}[\tau^4]}{2T^2}}{\left(\frac{\mathbf{M}[\tau]}{4} + \frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{2T} \right)^2} - 1. \quad (27)$$

де: $v_{\Delta\kappa}$ – коефіцієнт варіації втрат КРБП рослин внаслідок відмов.

Для випадку, коли тривалість відновлення розподілена за експоненціальним законом, спростимо (24), (27):

$$\mathbf{M}[\Delta\kappa] = k_1 \left(\frac{\mathbf{M}[\tau]}{4} + \frac{\mathbf{M}[\tau^2]}{2T} \right) = k_1 \left(\frac{1}{4\mu} + \frac{1}{4\mu^2 T} \right) = \frac{k_1}{4\mu} \left(1 + \frac{1}{\mu T} \right), \quad (28)$$

$$v_{\Delta\kappa e} = \frac{\sqrt{11 + T\mu + \frac{5}{48}T^2\mu^2}}{1 + \frac{T\mu}{4}}. \quad (29)$$

де: μ – інтенсивність відновлень, 1/год; $v_{\Delta\kappa e}$ – коефіцієнт варіації втрат КРБП рослин при експоненціальному розподілі тривалості відновлень.

Графік залежності (29) показано на рис. 1.

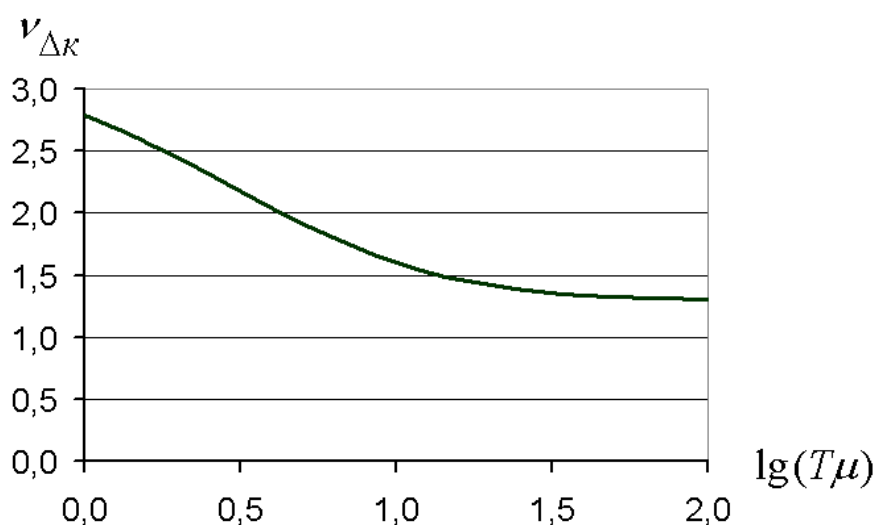


Рис. 1. Залежність коефіцієнта варіації втрат КРБП рослин від тривалості технологічної операції та інтенсивності відновлення машини.

Якщо тривалість відновлення значно менша, ніж тривалість технологічної операції, то формули (28), (29) можна спростити:

$$M[\Delta\kappa] \approx \frac{k_1 M[\tau]}{4}, \quad (30)$$

$$\nu_{\Delta\kappa} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \nu_{\tau}^2 + \frac{1}{3}}. \quad (31)$$

Висновок. Проаналізовано вплив відмови машини при виконанні технологічної операції на втрату коефіцієнту реалізації біопотенціалу рослин за умови, що втрати є пропорційними модулю відхилення часу виконання операції від оптимального агростроку. Одержані залежності чисельних характеристик втрат можуть використовуватись для оцінювання втрат врожаю внаслідок відмов машин за результатами виконання технологічного процесу. Перспективним напрямком подальших досліджень є удосконалення методики оптимізації порогу превентивної заміни агрегатів машин рослинництва при технічному обслуговуванні за станом [10] з урахуванням одержаних залежностей.

Список літератури

1. Ковтун Ю. Реалізація біопотенціалу сільгоспкультур як показник рівня індустріального землеробства // Техніка і технології АПК. 2012. № 11 (38). С. 31—35.
2. Gunnarsson C., Spornly R., Hansson P.-A. Costs for the Silage Harvest in Conventional and Organic Milk Production Timeliness // Biosystems Engineering. 2005. № 92 (3). P. 285—293.

3. *Курило В., Ганженко А., Герасименко Л.* Энергетическая ценность сахарного сорго в зависимости от сроков сева и глубины заделки семян // Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2013. Vol. 15. № 4. P. 55—61.
4. *Kalbarczyk R.* Reaction of field cucumber (*Cucumis sativus* L.) to the delay of agrotechnical dates and phonological phases in Poland // Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. 2009. Vol. LVII. № 5. P. 159—166.
5. *Сборник* нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). Москва. ФГНУ Росинформагротех. 2001. 190 с.
6. *Пастухов В. И.* Обоснование оптимальных комплексов машин для механизации полевых работ: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Харьков. ХНТУСХ имени Петра Василенко. 2006. 419 с.
7. *Eftymios Gr. Mygdakos.* Factors affecting picker capacity, area harvested and harvesting cost of cotton // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2009. № 7. P. 214—223.
8. *Сидорчук О., Войтюк В.* Теоретичні основи визначення технологічно допустимої тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних робіт // Техніка і технології АПК. 2011. № 12. С. 25—27.
9. *Шевченко С. А.* Дослідження впливу відмови техніки на коефіцієнт реалізації біологічного потенціалу рослин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2010. Вип. 94. С. 22—25.
10. *Шевченко С. А.* Правило замены агрегата по техническому состоянию с учетом инкубационного этапа развития дефекта // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016. № 4. С. 190—201.

References

1. *Kovtun Yu.* (2012). Realizatsiya biopotentsialu sil'hospkul'tur yak pokaznyk rivnya industrial'noho zemlerobstva [Implementation biopotential crops as an indicator of industrial agriculture]. Tekhnika i tekhnolohiyi APK. 11 (38). 31-35.
2. *Gunnarsson C., Spornly R., Hansson P.-A.* (2005). Costs for the Silage Harvest in Conventional and Organic Milk Production Timeliness. Biosystems Engineering. 92 (3). 285—293.
3. *Kurylo V., Hanzhenko A., Herasymenko L.* (2013). Энергетическая ценность сахарного сорго в зависимости от сроков сева и глубины заделки семян [Energy value of sugar sorghum depending on planting and seeding depth]. Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 15. 4. 55-61.
4. *Kalbarczyk R.* (2009). Reaction of field cucumber (*Cucumis sativus* L.) to the delay of agrotechnical dates and phonological phases in Poland. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. LVII, 5. 159-166.
5. *Sbornik* normativnyh materialov na raboty, vypolnjaemye mashinno-tehnologicheskimi stancijami (MTS) [Collection of normative materials for work performed by machine-technological stations (MTS)]. (2001). FHNU "Rosynformahrotekh". 190.
6. *Pastuhov V. I.* (2006) Obosnovanie optimal'nyh kompleksov mashin dlja mehanizacii polevyh rabot [Substantiation of optimal machine complexes for mechanization of field works]. HNTUSH im Petra Vasilenko. 419.
7. *Eftymios Gr. Mygdakos.* (2009). Factors affecting picker capacity, area harvested and harvesting cost of cotton. Journal of Food, Agriculture&Environment. 7. 214-223.

8. Sydorchuk O., Voytyuk V. (2011) Teoretychni osnovy vyznachennya tekhnolohichno dopustymoyi tryvalosti vykonannya obsluhovuyucho-remontnykh robot [Theoretical basis of determining technically permissible duration of repairs, servicing]. Tekhnika i tekhnolohiyi APK. 12. 25-27.
9. Shevchenko S.A. (2010). Doslidzhennya vplyvu vidmovy tekhniki na koefitsiyent realizatsiyi biolohichnoho potentsialu roslyn [Research of influence of refusal of techniques on factor of realization biological potential of plants]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. 94. 22-25.
10. Shevchenko S.A. (2016). Pravilo zameny agregata po tehnicheskomu sostojaniyu s uchetom inkubacionnogo jetapa razvitija defekta [Condition-based replacement policies of an unit taking into account the latent stage of defect development]. Technical service of agriculture, forestry and transport systems. 4. 190-201.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ УРОЖАЯ ВСЛЕДСТВИЕ ОТКАЗА МАШИНЫ ПРИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ ПОТЕРЬ ОТКЛОНЕНИЮ ОТ ОПТИМАЛЬНОГО АГРОСРОКА

С. А. Шевченко

Аннотация. Одним из основных факторов, обуславливающих качество технологической операции растениеводства, является время ее выполнения. Несвоевременность выполнения операции приводит к уменьшению коэффициента реализации биологического потенциала (КРБП) растений и, следовательно, потери части урожая. Целью данной работы является определение зависимостей числовых характеристик потери урожая вследствие отказа машины. При этом потери урожая аппроксимируются как пропорциональные модулю отклонения времени выполнения операции от оптимального агротехнического срока.

Во-первых, определяется среднее значение КРБП растений при отсутствии отказов. Далее, определяется среднее значение КРБП растений при наличии отказа. Потеря урожая определяется путем сравнения указанных значений средних КРБП растений.

Потеря урожая рассматривается как функция от двух случайных величин – момента возникновения отказа и длительности восстановления машины. Анализируются два варианта: отказ машины на восходящей части зависимости КРБП растений от времени и отказ на убывающей части этой зависимости.

С помощью теории функций от случайных аргументов численные характеристики потерь урожая отдельно для каждого из этих случаев вычисляются. Потери КРБП растений определяются как вероятностная смесь этих частичных потерь. Получены зависимости числовых характеристик потерь урожая

от длительности восстановления машины и интенсивности потерь урожая со временем. Упрощенные зависимости для случая экспоненциального распределения длительности восстановления получены.

Полученные результаты могут использоваться при выборе стратегии и концепции технического обслуживания машин растениеводства, а также при создании автоматизированных систем принятия решений в растениеводстве.

Ключевые слова: *машина, отказ, время восстановления, потеря урожая*

MODELING OF CROP LOSSES DUE TO MACHINE FAILURE IF LOSSES ARE PROPORTIONATE OF DEVIATION FROM OPTIMAL CROP TERM

S. A. Shevchenko

Abstract. *Untimely operation leads to a reduction in the realization of biological potential (RBP) plants and, consequently, loss of yield. The aim of this study is to determine dependencies numerical characteristics of crop losses due to failure of the machine. Yield losses are approximated as proportional module deviation of operation time from optimal crop term.*

First the average RBP plants in the absence of failures detected. Next the average value determined RBP plant if refusal. The loss of yield is determined by comparing the values specified secondary RBP plants.

The loss of yield is investigated as a function of two random variables - time of failure and duration of machine recovery. We consider two cases: machine failure on the ascending part RBP plants depending on the time and giving up on the downward sloping part of this relationship.

Using the theory of functions of casual arguments features numerous crop losses for each of these cases are calculated. Numerical characteristics of crop losses for each of these cases are calculated. Yield losses are defined as the probabilistic mixture of these partial loss. Dependencies of numerical characteristics of crop losses on the duration of machine recovery and intensity harvest losses eventually obtained. Simplified dependence on the case of exponential distribution of recovery duration obtained. The results could be used at selecting strategies and concepts farm machinery maintenance and when creating automated decision-making systems in crop production.

Key words: *machine, failure, time to recovery, crop losses*