

УДК 630.171.075.3

АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС ПОТРЕБИ В ЗАСОБАХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Роговський І.Л., к.т.н., с.н.с.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Тел. (044) 527-88-95

Анотація – в статті представлено результати щодо аналітичного опису математичної моделі забезпечення потреби в засобах технічного обслуговування сільськогосподарських машин.

Ключові слова – відмова, параметр, роботоздатність, сільськогосподарські машини, стан, технічне обслуговування.

Постановка проблеми. Сьогодні принципи функціонування техобслуговуючих форм сільськогосподарських машин: безмонополність, творче підприємництво, продуктивність, малозатратність є лише добрими намірами, які потрібно ще запровадити за певних організаційно-технічних і правових умов.

Вважаємо, що технічне обслуговування і усунення несправностей парку сільськогосподарських машин аграрних підприємств відбувається мобільним засобом. Можна вважати, що виникнення потреби на засобі носить випадковий характер.

Якщо потреба виникає в момент, коли мобільний засіб зайнятий виконанням інших потреб, які виникли раніше, то технічне обслуговування виконується з деяким запізненням. Величина запізнення залежить від характеру потреби і від конкретної виробничої ситуації. Відмови, що виникли в процесі експлуатації сільськогосподарських машин і спричинюють втрату працездатності, повинні бути усунені в першу чергу. Відмови, які спричинюють втрату справного стану сільськогосподарських машин, усуваються тоді, коли будуть усунені несправності, що пов'язані з втратою працездатності, але перед заходами технічного обслуговування.

З іншого боку, внаслідок випадкового характеру виникнення відмов має місце простий мобільного засобу, так як одразу після усунення чергової несправності неможливо гарантувати наявність нової потреби на технічне обслуговування і усунення несправностей. Затримки в очікуванні обслуговування, як і простий мобільного засобу, можна оцінити визначеними затратами.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі методи розрахунку загальної організації техобслуговування [1] не враховують напрямок і вид діяльності аграрного підприємства [2], технології і термінів виробництва продукції АПК неможливо визначити об'єми робіт з ТО в розрізі календарних термінів [3], і, як наслідок, фактичної потреби в робочій силі для конкретного господарства [4]. Існуючі методи підбора матеріально-технічної бази з технічного обслуговування для визначеного господарства базуються лише на кількісному складі сільськогосподарських машин даного господарства [5]. При цьому не враховується дійсна потреба в машинах господарств в залежності від конкретних умов виробництва та перспективної стратегії його економічної діяльності. Затрати мають протилежні тенденції при збільшенні кількості мобільних засобів: затрати, що пов'язані з очікуванням початку обслуговування зменшуються [6], а затрати, що викликані простоем мобільного засобу, збільшуються (коефіцієнт їх використання зменшується).

Формулювання цілей статті. Вбачається за доцільне визначити оптимальну потребу в мобільних засобах визначеного типу (комплектування), при якій сума затрат на утримання цих засобів і затрат, що пов'язані з простоем сільськогосподарських машин в очікуванні обслуговування, будуть мінімальними. Інколи бажано також вибрати оптимальний тип мобільного засобу із декількох технологічно застосованих.

Основна частина. Описану вище ціль зобразимо моделлю масового обслуговування із такою конкретизацією загальних понять:

- джерело потреб – парк сільськогосподарських машин, який експлуатується в АПК для виробництва (вирощування) продукції;
- потреба на обслуговування – потреба в усуненні відмов і проведеному технічному обслуговування;
- канал обслуговування – мобільний засіб.

Оскільки обслуговуванню підлягає значна кількість сільськогосподарських машин (зерно-, кормо-, свеклозбиральні комбайни, сівалки, машини для внесення мінеральних добрив тощо), то виправдано застосовувати відкриту систему масового обслуговування, яку називають також системою з необмеженими джерелами потреб. Тому припустити, що потреби на усунення відмов виникають у випадковий момент часу (тривалість інтервалу між виникненням двох потреб – показниково розподілена випадкова величина). Крім того припускається, що робочий час мобільного засобу наближено співпадає з робочим часом сільськогосподарських машин, які обслуговуються (потреби виникають тільки в цей період).

З можливих дисциплін обслуговування приймемо відносний пріоритет, який характеризується тим, що кожне вже почате виконання зака-

зу на техобслуговування завершується повністю. Тільки після звільнення мобільного засобу вибирається з черги наступні пріоритетні потреби.

Обслуговування прийнято однофазним з паралельними однорідними каналами, тобто одна потреба забезпечується одним мобільним засобом.

Тривалість усунення однієї відмови – випадкова величина. Обслуговування включає переїзд мобільного засобу до місця експлуатації сільськогосподарських машин. Тип розподілення тривалості обслуговування залежить від розташування експлуатуємих машин по ділянкам аграрного господарства та інтенсивності відмов конструктивних елементів цих сільськогосподарських машин.

Вказана система відрізняється від відкритої системи масового обслуговування з очікуванням в основному за двома властивостями: розподілення тривалості обслуговування не завжди підпорядковується показниковому закону; деякі потреби характеризуються відносним пріоритетом.

Вихідні дані. Попередньо вкажемо, що величини, які відносяться тільки до пріоритетних і непраіоритетних потреб, позначимо, відповідно, індексами 1 і 2. Введемо такі параметри, які є вихідними даними, або визначаються на їх основі: t_1, t_2 – середня тривалість інтервалу між виникненням двох потреб; τ_1, τ_2 – середня тривалість обслуговування однієї потреби; $v(t)$ – коефіцієнт варіації тривалості обслуговування (відношення середнього квадратичного відхилення до середнього значення даної випадкової величини); ρ_1, ρ_2, ρ – завантаження, яке вказує на середню кількість повністю в часі зайнятих мобільних засобів і яка в нашій моделі рівна також середній кількості одночасно обслуговуваних потреб (завантаження визначається таким співвідношенням:

$$\rho_1 = \frac{\tau_1}{t_1}; \rho_2 = \frac{\tau_2}{t_2}; \rho = \rho_1 + \rho_2); S$$
 – кількість каналів обслуговування

мобільних засобом. Для того, щоб мобільний засіб міг задовольнити всі потреби на обслуговування, повинно бути виконано умову $S > \rho$.

Введемо показники питомих затрат: C_t – питома вартість використання мобільного засобу, грн/годин (передбачається, що ця частина затрат однакова для пріоритетних і непраіоритетних потреб); C_f – середня величина вартості однієї години простою мобільного засобу, грн/годин; C_1, C_2 – збитки за одну годину простою сільськогосподарської машини від втрати продукції через порушення оптимальних агротехнічних термінів робіт в зв'язку з простоями, відповідно, пріоритетних і непраіоритетних потреб.

Введемо також такі операційні характеристики, спосіб знаходження яких буде описано нижче: $L_1(S), L_2(S), L(S)$ – середня довжина (середня чисельність потреб, які очікують початку обслуговування); $T_1(S), T_2(S)$ –

середній час очікування однієї потреби в черзі, включаючи потреби, яким не прийшлося очікувати початку обслуговування.

Функції мети. Критерієм оптимальності є середня величина сумарних затрат, які виникають в зв'язку з процесом обслуговування на протязі одиниці часу роботи системи. Цю величину будемо мінімізувати. Можна припустити, що затрати прямо пропорційні тривалості даного стану, при чому коефіцієнтом пропорційності є відповідні питомі затрати.

В середньому одночасно зайняті обслуговуванням ρ мобільних засобів, інші в кількості $S - \rho$ простоюють. Одночасно виконується в середньому ρ_1 пріоритетних обслуговувань; сума тривалості обслуговування пріоритетних потреб в черзі представляє $L_1(S)$ одиниць часу протягом одиниці робочого часу (аналогічно для непріоритетних потреб).

Цільовою функцією, значення якої позначимо символом $z(S)$ і названою повною, можна визначити з виразу:

$$z(S) = \rho \cdot C_\tau + (S - \rho) \cdot C_f + L_1(S) \cdot C_1 + L_2(S) \cdot C_2. \quad (1)$$

Вираз для операційних характеристик. Символом $L(S, \rho)$ позначимо середню довжину черги для відкритої системи масового обслуговування $M/M/S$ з очікуванням. Ця величина, яка залежить від кількості каналів S і від завантаження ρ , обчислюється за загальновідомою формулою:

$$L(S, \rho) = \frac{\rho^{S+1} \cdot P_0}{(S - \rho)^2 \cdot (S - 1)!}; \quad (S > \rho), \quad (2)$$

при чому допоміжна величина P_0 визначається за відношенням:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{S-1} \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^S}{(S - \rho) \cdot (S - 1)!}}. \quad (3)$$

Значення функції $L(S, \rho)$ (в межах від 0,1 до 10) можна з достатньою для практики точністю визначити за номограмою [2].

Апроксимацію середньої довжини черги для системи з довільним розподіленням тривалості обслуговування представляємо за формулою:

$$L(S) \approx \frac{1 + [v(\tau)]^2}{2} \cdot L(S, \rho). \quad (3)$$

Середнє значення довжини черги пріоритетних і непріоритетних потреб отримуються після знаходження значення $L(S)$ за формулою (3) із співвідношень:

$$L_1(S) = \frac{\rho_1 \cdot (S - \rho)}{\rho \cdot (S - \rho_1)} \cdot L(S); \quad (4)$$

$$L_2(S) = L(S) - L_1(S). \quad (5)$$

Середній час очікування тісно пов'язаний з середньою довжиною черги простим співвідношенням, яке виводиться в [2]:

$$T_1(S) = t_1 \cdot L_1(S); \quad (6)$$

$$T_2(S) = t_2 \cdot L_2(S). \quad (7)$$

Визначення оптимальної кількості мобільних засобів. При оптимізації застосовуємо спрощену цільову функцію, значення якої можна позначити символом $z'(S)$. Ця функція містить тільки ті члени повної функції $z(S)$, які залежать від величини S , що оптимізується:

$$z'(S) = S \cdot C_f + L_1(S) \cdot C_1 + L_2(S) \cdot C_2. \quad (8)$$

Різниця $z(S) - z'(S) = \rho \cdot (C_r - C_f)$ має однакові значення для будь-якої кількості $S > \rho$ мобільних засобів. Тобто, функції (1) і (8) приймають мінімальні значення при тій же кількості мобільних засобів, яке позначимо символом S^{opt} .

Оптимальну кількість мобільних засобів можна визначити методом перебору. В першу чергу визначається мінімально допустима кількість S_{min} мобільних засобів, яка рівна ближчому цілому числу, що перевищує завантаження. Величина S_{min} задовольняє умову:

$$\rho = S_{min} \leq \rho + 1. \quad (9)$$

Для $S = S_{min}$ визначимо значення $z'(S)$ за виразом (8). величини $L_1(S)$ і $L_2(S)$ визначаються за формулами (4) і (5) із застосуванням апроксимації (3); необхідне значення $L(S, \rho)$ за виразом (2) визначається за номограмою [2]. Потім кількість мобільних засобів збільшується на одиницю і розрахунок $z'(S)$ повторюється. Збільшення S продовжується до тих пір, поки затрати зменшуються. Якщо виходить $z'(S+1) > z'(S)$, то розрахунок припиняється. Оптимальна кількість S^{opt} відповідає мінімуму функції $z'(S)$. У винятковому випадку, якщо $z'(S) = z'(S+1)$, існують два альтернативні варіанти рішення: $S^{opt} = S_{min}$ і $S^{opt} = S_{min} + 1$.

Якщо вже після першого кроку розрахунку отримуємо $z'(S+1) > z'(S)$, тоді оптимумом є $S^{opt} = S_{min}$. Інколи можна закінчити процес збільшення S вже при $z'(S-1) < z'(S)$, якщо без обчислення значення $z'(S+1)$ вже очевидно, що $z'(S+1) > z'(S)$. Достатньою умовою для цього є виконання на деякому кроці нерівності:

$$L_1(S) \cdot C_1 + L_2(S) \cdot C_2 < C_f. \quad (10)$$

Тоді величина затрат C_f на утримання додаткового $(S+1)$ -го мобільного засобу буде більшою за суму затрат на очікування потреб при S мобільних засобах. Навіть при $L_1(S) \cdot C_1 = L_2(S+1) = 0$ (якщо додавання засобів усунуло всі очікування) був би варіант з $(S+1)$ мобільних засобів не вигідним.

Визначення питомих затрат C_1 і C_2 на практиці буває часто доволі наближеним, тому відношення C_1/C_2 в багатьох випадках можна оцінити з більшою достовірністю.

Перевірка чутливості отриманого оптимуму S^{opt} на зміну цих затрат обумовлена тим, що визначена чисельність кількості мобільних засобів є оптимум деякого діапазону значень C_1 і C_2 .

Символом $C_2(S, S+1)$ позначимо граничне значення величини C_2 , при якому оптимум є одночасно як S , так і $S+1$ мобільних засобів. Припустимо, що відношення C_1/C_2 було оцінено. Після підстав-

лення формули $\rho_1 = \frac{\tau_1}{t_1}$; $\rho_2 = \frac{\tau_2}{t_2}$; $\rho = \rho_1 + \rho_2$ в рівність $z'(S) = z'(S+1)$

цю величину можна виразити таким чином:

$$C_2(S, S+1) = -\frac{C_f}{\frac{C_1}{C_2} \cdot L_1(S) - L_1(S+1) + L_2(S) - L_2(S+1)}. \quad (11)$$

Отримана вище S^{opt} і залишається оптимумом для всіх значень C_2 в межах $C_2(S^{opt}-1, S^{opt})$ до $C_2(S^{opt}, S^{opt}+1)$, припускаючи $C_1/C_2 = const$ (при $S^{opt} = S_{min}$ нижня межа є нульовою). Якщо цей діапазон широкий і якщо загальна оцінка значення C_2 знаходиться не дуже близько до однієї із вказаної межі, то далі уточняти оцінку C_2 нема потреби. Аналогічним чином можна визначити граничне значення $C_1(S, S+1)$ величини C_1 ; в дійсності $C_1(S, S+1) = C_2(S, S+1) \cdot C_1/C_2$.

Висновки. Основою для створення системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин є методи спеціалізованого технічного обслуговування машин, які враховують конкретні умови лісогосподарського виробництва із застосуванням мобільних засобів; перебудова діючої матеріально-технічної бази підприємств; забезпеченням товаровиробника технічними послугами в системі “придбання – експлуатація - техобслуговування”; вибір виконавця техобслуговування відбувається виходячи з його технічних можливостей і фінансових власника машин, а запропоновані математичні моделі розрахунку потреби в мобільних засобах дозволяють раціонально їх запровадити.

Література

1. Булгаков В.М. Стан наукового забезпечення механізації сільського господарства в Україні / В.М. Булгаков // Техніко-технологічні аспекти розвитку та ви-

- пробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : Зб. наук. пр.– Дослідницьке: УкрНДШВТ, 2009. – Вип. 13, Кн. 1. - С. 21–29.
2. *Молодик М.В.* Обґрунтування вдосконалення системи технічного сервісу в АПК України / *М.В. Молодик, Б.Г. Харченко* // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – № 2. – С. 128–132.
3. *Демко О.А.* Вплив кваліфікації операторів на ефективність використання машин / *О.А. Демко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2009.– Вип. 134.- Ч.2. – С. 159–169.
4. *Мовчан В.Ф.* Машиноиспользование в сельскохозяйственном производстве / *В.Ф. Мовчан, В.Н. Митин* // Праці Таврійського державного агро-технологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип.8.- Т.9. – С. 102 – 118.
5. *Ільченко В.Ю.* Обґрунтування середньої відстані пробігу пересувних засобів технічного обслуговування а заправки машин / *В.Ю. Ільченко, Н.О. Кучмій* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 75.- Т.2. – С. 547–553.
6. *Роговський І.Л.* Ефективність технічного обслуговування зернозбиральних ком-байнів і бурякозбиральних машин / *І.Л. Роговський* // Вісник Львівського національного аграрного університету. – Дубляни: ЛНАУ, 2008. – Вип.12. - Т.1. – С. 472–478.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В СРЕДСТВАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Роговский И. Л.

Аннотація – в статті представлені результати относительно аналітичного описання математической модели обеспечения потребности в средствах технического обслуживания сельско-хозяйственных машин.

ANALYTICAL DESCRIPTION OF REQUIREMENT FOR MEANS OF MAINTENANCE SERVICE OF AGRICULTURAL MACHINES

I. Rogovsky

Summary

In paper the results of the analytical description of mathematical model of maintenance of requirement for means of engineering service of agricultural machines are presented.