

СТОХАСТИЧНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук

В статті розкрито методичний підхід до опису стохастичності забезпечення працездатності сільськогосподарських машин.

Працездатність, машина, стохастичність.

Постановка проблеми. Виробничий процес технічного обслуговування сільськогосподарських машин є стохастичним процесом, так як тривалість і сам факт необхідності виконання робіт носять випадковий характер. Дискретність робіт з технічного обслуговування, істотна різниця в трудоемкості їх виконання, відсутність чіткої технологічної залежності між роботами і економічна доцільність обмеження кількості виконавців (ресурсів) обумовлюють застосування методів мереженого планування і керування при побудові і оптимізації технологічного процесу технічного обслуговування машин.

Аналіз останніх досліджень. Метода мереженого планування і керування є один з розділів теорії графів. Він отримав широкого застосування в промисловості як у нас в країні так і за кордоном, чому сприяли дослідження вчених Голенка Д.І., Разуміхіна Б.С., Бека Н.І., Келлі, Кларка, Леві.

Аналіз методів мереженого планування і керування дозволяє констатувати, що коректну побудову технологічного процесу технічного обслуговування машини можна реалізувати, якщо будуть враховані умови проведення робіт [1], засобів механізації [2], кількості виконавців [3], ймовірність тривалості і необхідності виконання робіт [4], узгодженість дій виконавців і послідовності виконання робіт, кількості виконавців і розподіл між ними робіт з врахуванням їх кваліфікації і значимості виконуваних робіт [5].

Мета досліджень. Теоретичні передумови оптимізації послідовності виконання робіт з технічного обслуговування при обмежених ресурсах.

Результати досліджень. Важливою характеристикою виробничого процесу технічного обслуговування необхідно вважати тривалість технічного обслуговування t_{TO} , яка залежить від ряду факторів, які можна об'єднати в три групи: трудоемкість ТО; кількість виконавців; послідовність виконання робіт.

© І.Л. Роговський, 2014

В загальному випадку в силу ймовірнісного характеру повною характеристикою тривалості ТО є закон розподілу:

$$F(t) = P[t_{TO} < t],$$

де $P[t_{TO} < t]$ – ймовірність того, що тривалість ТО не перевищує деяку величину t і $t_{TO} \geq 0$.

Кожне номерне технічне обслуговування має перелік (кількість) робіт, складність і кількість яких зростає від номеру до номеру ТО.

Так як перелік робіт ТО включає в себе роботи, які виконуються при необхідності і враховуються коефіцієнтом повторності k , тоді:

$$\left. \begin{aligned} N_{\phi} &= N_p + k \cdot N_u, \quad 0 \leq k \leq 1 \\ \text{при } k &= 1 \quad N_{\phi} = N \end{aligned} \right\},$$

де N – кількість робіт;

ϕ , p , u – індекси, якими позначено виконані роботи, відповідно: фактичні, регламентні і при необхідності.

Директивна тривалість ТО t_{TO}^{∂} визначається за виразом:

$$t_{TO}^{\partial} = \frac{T_{TO}}{z},$$

де T_{TO} – трудоемкість ТО; z – кількість виконавців.

Директивна тривалість не враховує збільшення тривалості ТО з причини неузгодженості дій виконавців і необхідності виконання робіт в визначеній послідовності, тобто, $t_{TO}^{\partial} \leq t_{TO}$, тоді відношення

$\frac{t_{TO}^{\partial}}{t_{TO}} = k_{on}$ буде представляти оптимальний технологічний процес ТО ($k_{on} \leq 1$). Необхідність дотримання вимог техніки безпеки, зручності і високої якості ТО обумовлює виконання робіт ТО в визначеній послідовності, що дозволяє:

- Забезпечити максимальне завантаження і продуктивність як виконавців, так і засобів механізації;
- Скоротити простої машини, яка підлягає ТО, виконавців і засобів механізації.
- Чітко узгодити дії виконавців.
- Виключити нераціональне використання засобів ТО.

В результаті аналізу робіт, які водять до технологічного процесу ТО, були виявлені такі обмежені, які характеризують взаємозалежність цих робіт:

- обмеження, які накладаються необхідністю дотримання вимог техніки безпеки;
- обмеження, які враховують якість і зручність виробництва робіт;

○ обмеження, які визначені рівнозначністю моменту початку виробництва робіт.

З врахуванням вищезазначених обмежень були встановлені такі між операційні залежності робіт з ТО:

○ Стержневі роботи, черговість виконання яких очевидна і утворює неперервну послідовність з моменту початку виробничого процесу;

○ Роботи з повним жорстким зв'язком, які виключають можливість одночасного (паралельного) виробництва яких-небудь інших робіт на тракторі;

○ Роботи з жорстким зв'язком, момент початку виробництва яких виключає можливість виконання других робіт на даному вузлі або в даному місці.

○ Роботи з вільним зв'язком, хід виконання яких не обмежує можливість виробництва других робіт;

○ Роботи з частковим вільним зв'язком, в процесі виконання яких може створюватись короточасні незручності або призупинення виробництва других робіт;

○ Роботи з по елементним зв'язком, які включають в себе елемент "очікування" і можуть бути виконані в будь-який момент після "очікування".

○ Наявність між операційних залежностей обумовлює паралельне або послідовне виконання робіт.

Приймаючи до уваги вищезазначене, тривалість технічного обслуговування варто визначати за виразом:

$$t_{TO} = \max \sum_1^i \frac{t_i}{z_i} + \sum_1^j \frac{t_j}{z_j}. \quad (1)$$

З врахуванням коефіцієнту повторності k і ймовірності P тривалість виконання роботи формули (1) приймає вид:

$$t_{TO} = \max \sum_1^i \left(\frac{t_{pi}}{z_{pi}} + k_i \cdot P_i \cdot \frac{t_{ui}}{z_{ui}} \right) + \sum_1^j \left(\frac{t_{pj}}{z_{pj}} + k_j \cdot P_j \cdot \frac{t_{uj}}{z_{uj}} \right),$$

де i, j – індекси, якими позначені виконувані роботи, відповідно, послідовним і паралельним способами.

При розподілу робіт між виконавцями при ТО можливі такі варіанти: вузлове ТО; ТО за признаками (характером) виконуваних робіт; за зонами розташування точок ТО; змішане розташування робіт. При виборі організаційної схеми ТО необхідно врахувати кваліфікацію виконавців, значимість виконуваної роботи і задовольнити умови:

$$\sum_1^z t_{np} \rightarrow 0; \quad t_3^1 = t_3^2 = \dots = t_3^z \},$$

$$t_{TO} \rightarrow t_{TO}^0$$

де t_{np} , t_3 – відповідно, тривалість простою і зайнятості виконавців.

На основі аналізу складності робіт встановлено, що значимість робіт з ТО-1 і ТО-2 визначається в балах, виходячи з важливості ТО вузлів (табл. 1).

1. Оцінка значимості робіт з ТО-1 і ТО-2.

Агрегати, системи і вузли	Бали агрегатів, систем і вузлів $B_{з.р.}$	Вид робіт ТО				
		МЙНО-очисні	перевірочно-оглядові	заправні	мастильні	контрольно-регулювальні
		Бали за видами робіт $B_{х.р.}$				
Двигун, система електрообладнання	5	6	7	8	9	10
Трансмісія і її гідравлічна система	4	5	6	7	8	9
Ходова система	3	4	5	6	7	8
Гідравлічна система і навісний пристрій	2	3	4	5	6	7
Пусковий двигун, радіатор, паливні баки та інше	1	2	3	4	5	6

Оціночний бал роботи B_p визначається за виразом:

$$B_p = B_{х.р.} + B_{з.р.}$$

Роботи за виконавцями закріплюються таким чином:

- для майстра $2 \leq B \leq 10$;
- для помічника майстра $2 \leq B \leq 7$;
- для тракториста $2 \leq B \leq 6$.

В останні роки широко розповсюдилось рішення задач оптимізації мережених моделей з використанням метода статистичного випробування і методу випадкового пошуку, які володіють такими перевагами.

По-перше, аналізуємо обмежене підмножинність варіантів вибирається випадковим чином і дозволяє зробити більш рівномірний вибір.

По-друге, з зростанням числа розглядаємих варіантів зростає ймовірність отримання оптимального рішення задач.

По-третє, ймовірнісний характер перебору варіантів дозволяє

статистично оцінити міру відхилення найкращого з проаналізованих рішень від оптимального.

Об'єм обчислення зростає із збільшенням кількості робіт в мереженій моделі, що може бути віднесено до недоліків цього методу. Враховуючи також, що деяким роботам притаманні ймовірнісний характер не тільки за тривалістю, але й в силу самого факту їх виконання, пропонується алгоритм поетапної оптимізації послідовності виконання робіт. Ідея алгоритму, заключається на тому, що в першопочаковий момент методом мереженої моделі, потім методом статистичний випробувань враховується ймовірний характер тривалості робіт; на третьому етапі проводиться оптимізація часу виконання робіт з врахуванням обмежень, які накладаються ресурсними зв'язками. Такий підхід до рішення поставленої задачі дозволяє зменшити кількість машинного часу при реалізації програми на ПК.

Використовуючи відомі розробки Голенка Д.І. і Разуміхіна Б.С. можна таким чином в загальному виді математично сформулювати задачу оптимізації процесу ТО.

Технологічний процес технічного обслуговування, який представлений в вигляді графіка, складається з $(n+1)$ подій e, e_1, \dots, e_n і робіт $q_{ij} (i < j)$. Величин $z_{ij}(t)$ характеризує кількість виконавців, які приймають участь в виконанні роботи q_{ij} в момент t . Кожній роботі q_{ij} відповідає кількість ресурсного часу Q_{ij} , яке необхідне для виконання даної роботи:

$$Q_{ij} = \int_{t_i}^{t_j} z_{ij}(t) dt,$$

де t_i, t_j – моменти часу початку і кінця роботи q_{ij} , які співпадають з моментом часу надходження подій e_i і e_j .

Для виконання комплексу робіт N наявна деяка кількість ресурсів M , яке може забезпечити виконання будь-якої з робіт q_{ij} :

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_k; \quad M = M_1 + M_2 + \dots + M_k. \quad (2)$$

Під множинність робіт $q_{ij} \in N_s$ складається з робіт, які можуть бути виконані ресурсами, які відповідають підмножинності M_s . Тоді

функція $z_{ij}^{(s)}(t)$, яка задовольняє умові $\int_{t_i}^{t_j} z_{ij}^{(s)}(t) dt = Q_{ij}^{(s)}$ є функцією розподілу ресурсів з під множинності M_s в інтервалі часу (t_i, t_j) тривалості робіт $q_{ij} \in N_s$.

Таким чином, функція яка розглядається $z_{ij}^{(s)}(t)$ задовольняє,

крім умови (2), умовам:

$$z_{ij}^{(s)}(t) = \begin{cases} \equiv 0 & \text{при } t \leq t_i \\ \geq 0 & \text{при } t_i \leq t \leq t_j \\ \equiv 0 & \text{при } t > t_j \end{cases}$$

Кількість ресурсів під множинності M_s , які використовуються в момент часу t , виражається функцією:

$$z^{(s)}(t) = \sum_{q_{ij} \in N_s} z_{ij}^{(s)}(t).$$

Перерозподілення виконавців між роботами $q_{ij} \in N_s$ відбувається в момент часу $t_0, t_1, \dots, t_{n-1}, t_n$ настання події $e_0, e_1, \dots, e_{n-1}, e_n$.

Отже, можна припустити:

$$z_{ij}^{(s)}(t) = z_{ij}^{(s)}(t_k + 0) = z_{ij}^{(s)}(t_{k+1} - 0) \text{ при } t_k < t < t_{k+1} \quad (k = 0, 1, \dots, n-1).$$

При цьому умова приймає вид:

$$\sum_{k=1}^{j-1} (t_{k+1} - t_k) z_{ij}^{(s)}(t_k + 0) = Q_{ij}^{(s)}. \quad (3)$$

Задача про оптимальний розподіл ресурсів зводиться до визначення функції $z_{ij}^{(s)}(t)$, яка задовольняє умовам (3), тобто до визначення функції, для якої досягається мінімум функціонал:

$$I^{(s)} = \int_{t_0}^{t_n} (z^{(s)}(t) - L_s)^2 dt.$$

В якості постійної L_s прийнято:

$$L_s = \frac{1}{t_n - t_0} \int_{t_0}^{t_n} z^{(s)}(t) dt = \frac{\sum_{q \in N_s} Q_{ij}^{(s)}}{t_n - t_0}.$$

Висновок

До основних недоліків необхідно віднести наступне.

Відсутність науково обґрунтованої методики побудови технологічного процесу технічного обслуговування і методу визначення раціональної кількості виконавців і розподілу робіт між ними узгодження їх кваліфікації і значимості виконуваних робіт.

Емпірична формула розрахунку тривалості обслуговування не враховує вплив узгодженості дій виконавців і послідовності виконання робіт з технічним обслуговуванням.

Список літератури

1. *Роговський І.Л.* Методологія оцінення технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Науковий вісник

Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 368–375.

2. *Роговський І.Л.* Технологічний підхід до технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 134. – С. 276–281.

3. *Роговський І.Л.* Методологія технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський, О.В. Дубровіна* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 372–379.

4. *Rogovskii Ivan.* Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин / *Ivan Rogovskii* // *Motrol : Motorization and power industry in agriculture.* – 2014. – Том 16, №3. – Р. 296–302.

5. *Роговський І.Л.* Аналітична модель режимів технічних обслуговувань сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Збірник тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції «Екобіотехнології та біопалива в АПК – Energia 2012» (27 вересня – 03 жовтня 2012 року). – К., 2012. – С. 144–146.

В статье раскрыто методический подход к описанию стохастичности обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин.

Работоспособность, машина, стохастичность.

In paper the methodical approach to description of stochastic ensure efficiency of agricultural machinery.

Efficiency, machine, stochastics.

УДК 630.171.075.3

КОЕФІЦІЄНТ ГОТОВНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ

Л.Л. Тімова, аспірантка*

В статті представлено результати щодо методичних положень опису математичної моделі забезпечення коефіцієнта готовності лісових МЕЗ.

Засіб, коефіцієнт готовності, лісовий МЕЗ.

Постановка проблеми. Оскільки лісова техніка характеризується низькими показниками надійності, а зарубіжні аналоги недоступні через високу вартість для лісгосподарських

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

© Л.Л. Тімова, 2014