

## Аналіз і проектування ресурсозберігаючої технології технічного обслуговування

В.І. Дирда, В.Ю.Ільченко, Б.Г. Харченко, А.В. Ільченко  
Дніпропетровський державний аграрний університет

З переходом економіки до ринкових відносин значимість технічного обслуговування (ТО), як форми інженерного впливу на підвищення продуктивності с.г. праці і збільшення обсягів виробництва продукції суттєво підвищується.

При удосконаленні агротехнічного сервісу необхідно :

- створити умови для збереження і відновлення високого рівня роботоздатності с.-г. техніки при важких сезонних навантаженнях;

- забезпечити раціональну організацію і послідовність сервісних операцій і процесів, ресурсозбереження трудових і матеріальних ресурсів, підвищення якості сервісних робіт.

Значне місце в інженерному обслуговуванні займає внутрішньогосподарський технічний сервіс. В останні роки значна частина складних обслуговуючих робіт перемістилась на господарства, які забезпечені засобами ТО на 25-30%. Інженерна служба господарств повинна конкурувати з підприємствами агротехсервісу, машинно-технологічними станціями (МТС) і застосовувати сучасні технології.

Регулювання технічного стану машин за допомогою планових режимів більш доцільно для техніки з високими показниками надійності. У вітчизняної техніки розкид строків служби елементів дуже значний, тому замість планових ТО реалізується контрольна-виконавча система ТО на основі слідкування за поточним станом машин за допомогою діагностування і виконання операцій ТО за її результатами. Для виконання цих положень необхідна сучасна екологічно безпечна ресурсозберігаюча технологія ТО.

Система ТО орієнтується на створення в Україні розповсюдженої конкурентноспроможної мережі техсервісних підприємств, в яку входять фірмові технічні центри підприємств-виготівників техніки, ремонтно-обслуговуючі та інші підприємства і бази техсервісу, машинно-технологічні станції тощо.

Ресурсозберігаюча технологія ТО є взаємопов'язана послідовність операцій, які підібрані таким чином, щоб затрати всіх ресурсів (паливно-мастильних та інших матеріалів, запасних частин тощо) були мінімальними, а продуктивність праці підвищилась. Тобто, ресурсозберігаючу технологію можна визначити як технологію, в результаті застосування якої сума затрат ресурсів на одиницю виробленої продукції скорочується до необхідного мінімуму.

Тому функція цілей ресурсозберігаючої технології в загальному виді має вигляд

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{T_{TO}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $\sum_{i=1}^n E_i$  - сума затрат ресурсів на одне ТО;

$T_{TO}$  - трудомісткість ТО. люд.-год.

У відповідності з функцією цілей (1) при удосконаленні наявних і створенні ресурсозберігаючих технологій ТО можуть бути поставлені і вирішені такі задачі:

пряма - скорочення затрат ресурсів на ТО при тих же затратах праці;

зворотня - при тих же затратах ресурсів на одне ТО скоротити трудомісткість його виконання;

комбінована - при менших затратах ресурсів на одне ТО скоротити трудомісткість його виконання.

Ці задачі можна подати так

$$\sum_{i=1}^n E_i \rightarrow \min, \quad T_{\text{TO}} = \text{Const}; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n E_i = E_{\text{TO}}, \quad T_{\text{TO}} \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n E_i \rightarrow \min, \quad T_{\text{TO}} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $T_{\text{TO}}$ ,  $E_{\text{TO}}$  - трудомісткість одного ТО і затрати ресурсів на одне ТО.

В першу чергу необхідно вирішити пряму задачу. У вирішенні зворотньої задачі мають потребу господарства у яких достатня матеріально-технічна база і яку тільки необхідно раціонально використати. Вирішення комбінованої задачі відноситься до галузі науковомістких, або високих технологій. Вона потребує введення в технологію нових елементів.

При проведенні ТО використовують наступні ресурси: миючі засоби, кг (л); підігрів води, ккал; вода для миття машин,  $\text{м}^3$ ; електроенергія, кВт · год; праця людини, люд.-год; використання обладнання, год; використання споруд, будівель,  $\text{м}^2$ ; використання технологічних матеріалів (електроліту, охолоджуючої рідини тощо), кг (л); затрати на транспортне обслуговування, т · км, км, год; запчастини, матеріали, кг; пально-мастильні матеріали, кг (л).

Як видно із переліку ресурсів, їх кількість вимірюється в різних одиницях, що не дозволяє визначити суму затрат ресурсів в цілому по технології ТО.

Судити про сумарні витрати ресурсів за витратою кожного із них неможливо, особливо при порівнянні різних технологій. Раніше для визначення сумарних витрат ресурсів використовували грошовий показник, але зараз він став непридатним, так як ціни на окремі ресурси змінюються дуже часто і незакономірно. Тут потрібний показник, який не

залежить від вільної зміни цін, податків, таможних зборів тощо. Таким показником може бути енергетичний.

Дійсно, найбільша частина затрат при ТО приходить на енергоносії і продукти промислового виробництва, ціни на які також в основному визначають вартість енергоносіїв і енергії. За енергетичний показник витрат ресурсів пропонується прийняти енергетичний еквівалент, який дорівнює сумі прямих і посередніх витрат енергії, що віднесені до одиниці маси предметів і засобів праці, що використовуються.

Показник, що пропонується дозволяє оцінити технологію в цілому, а також порівняти за ефективністю різні ресурси, наприклад визначити, що доцільно: проводити ТО за допомогою пересувних агрегатів ТО чи стаціонарних постів ТО; проводити ТО на техсервісних підприємствах, фірмових технічних центрах підприємств-виготівників чи на МТС.

При вирішенні прямої задачі (2) достатньо оцінити затрати на одне ТО, так як трудомісткість обслуговування не змінюється.

Вирішення зворотної задачі (3) потребує порівняння трудомісткостей різних технологій.

При вирішенні комбінованої задачі (4) мають значення два показники. Якщо затрати ресурсів - результат взаємодій багатьох випадкових факторів, аналіз наявної і запроєктованої ресурсозберігаючої технології слід вести за енергетичним показником, який віднесений до одного ТО і лише кінцевий результат оцінювати як за витратами ресурсів так і за трудомісткістю ТО.

Для розрахунку витрат ресурсів на ТО опис технології доцільно вести у формі технологічної карти, яка містить фактичні витрати кожного із ресурсів і технологічних норм і нормативів по їх застосуванню. В технологічних картах витрати ресурсів відносити до одної люд.-год трудомісткості ТО.

## Затрати енергії на використання миючих засобів

$$E_{\text{мз}} = M_{\text{мз}} \cdot \alpha_{\text{мз}}, \quad (5)$$

де  $E_{\text{мз}}$  - енергоємність миючих засобів, МДж;

$M_{\text{мз}}$  - маса миючих засобів, кг (л);

$\alpha_{\text{мз}}$  - енергетичний еквівалент миючих засобів, МДж/кг

(л).

## Затрати енергії на підігрів води

$$E_{\text{пв}} = N_{\text{те}} \cdot N_{\text{м}} \cdot \alpha_{\text{те}}, \quad (6)$$

де  $E_{\text{пв}}$  - енергоємність теплової енергії, МДж;

$N_{\text{те}}$  - норма витрати теплової енергії на підігрів води, ккал/т (ккал/м<sup>3</sup>);

$N_{\text{м}}$  - технологічний норматив маси води, т (м<sup>3</sup>);

$\alpha_{\text{те}}$  - енергетичний еквівалент теплової енергії,

МДж/ккал.

## Затрати енергії на воду для миття машин

$$E_{\text{вм}} = N_{\text{вм}} \cdot \alpha_{\text{вм}}, \quad (7)$$

де  $E_{\text{вм}}$  - енергоємність води для миття, МДж;

$N_{\text{вм}}$  - норма витрати води для миття, т (м<sup>3</sup>);

$\alpha_{\text{вм}}$  - енергетичний еквівалент води для миття, МДж/т

(м<sup>3</sup>).

## Затрати електричної енергії

$$E_{\text{ее}} = N_{\text{ее}} \cdot \alpha_{\text{ее}}, \quad (8)$$

де  $E_{ee}$  - енергоємність електроенергії, МДж;

$N_{ee}$  - норма витрати електроенергії, кВт · год;

$\alpha_{ee}$  - енергетичний еквівалент електроенергії, МДж/кВт  
год.

Витрати енергії людини

$$E_{пл} = Z_{пл} \cdot \alpha_{пл}, \quad (9)$$

де  $E_{пл}$  - енергоємність праці людини, МДж;

$Z_{пл}$  - затрати праці людини, люд.-год;

$\alpha_{пл}$  - енергетичний коефіцієнт праці людини, МДж/люд.-  
год.

Затрати енергії на використання обладнання для миття

$$E_{ом} = \frac{F_m \cdot \alpha_{EF} \cdot (A_1 + A_2) \cdot t_{рм}}{100 \cdot T_{п}}, \quad (10)$$

де  $E_{ом}$  - енергоємність мийного обладнання, МДж;

$F_m$  - площа, яка підлягає миттю, м<sup>2</sup>;

$\alpha_{EF}$  - енергетичний еквівалент мийного обладнання,  
МДж/м<sup>2</sup>;

$A_1$  - норма амортизаційних відрахувань, %;

$A_2$  - норма відрахувань на ТО і ремонт, %;

$t_{рм}$  - тривалість мийки, год;

$T_{п}$  - планове річне завантаження машини, год.

Затрати енергії на використання обладнання

$$E_{об} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_{об} \cdot \alpha_{Eоб} \cdot (A_1 + A_2) \cdot t_{об}}{100 \cdot T_{п}} \right), \quad (11)$$

- де  $E_{об}$  - енергоемність обладнання, МДж;  
 $M_{об}$  - маса обладнання, кг;  
 $\alpha_{Еоб}$  - енергетичний еквівалент обладнання, МДж/кг;  
 $A_1$  - норма амортизаційних відрахувань, %;  
 $A_2$  - норма відрахувань на ТО і ремонт, %;  
 $t_{об}$  - тривалість роботи обладнання, год;  
 $n$  - кількість машин.

Затрати енергії на використання споруд, будівель

$$E_{зб} = \frac{S_{зб} \cdot \alpha_{ES} \cdot t_{ТО}}{T_{рік}}, \quad (12)$$

- де  $E_{зб}$  - енергоемність будівель, МДж;  
 $S_{зб}$  - площа будівель, м<sup>2</sup>;  
 $\alpha_{ES}$  - енергетичний еквівалент будівель, МДж/м<sup>2</sup>;  
 $T_{рік}$  - річний фонд робочого часу поста ТО, год;  
 $t_{ТО}$  - тривалість проведення одного ТО, год.

Затрати енергії на використання технологічних матеріалів  
(електроліту, охолоджувальної рідини, тощо)

$$E_{ТМ} = \sum_{i=1}^e (M_{ТМ} \cdot \alpha_{ТМ}), \quad (13)$$

- де  $E_{ТМ}$  - енергоемність технологічних матеріалів, МДж;  
 $M_{ТМ}$  - маса технологічних матеріалів, л (кг);  
 $\alpha_{ТМ}$  - енергетичний еквівалент технологічних матеріалів,  
МДж/л (кг);  
 $e$  - кількість видів матеріалів.

Затрати енергії на транспортне обслуговування:  
при виміру обсягу робіт в т · км

$$E_{\text{тр}} = Q_{\text{тк м}} \cdot \alpha_{\text{тк м}}, \quad (14)$$

де  $E_{\text{тр}}$  - енергоємність транспортного обслуговування,  
МДж;

$Q_{\text{тк м}}$  - обсяг робіт, т · км;

$\alpha_{\text{тк м}}$  - енергетичний еквівалент транспортних робіт,  
МДж/т · км;

при виміру обсягу робіт в км пробігу

$$E_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}} \cdot \alpha_{\text{Е тр}} \cdot (A_1 + A_2) \cdot \ell_{\text{тр}}}{100 \cdot L_{\text{тр}}}, \quad (15)$$

де  $M_{\text{тр}}$  - маса транспортного агрегату, кг;

$\alpha_{\text{Е тр}}$  - енергетичний еквівалент транспортного агрегату,  
МДж/кг;

$A_1$  - норма амортизаційних відрахувань, %;

$A_2$  - норма відрахувань на ТО і ремонт, %;

$L_{\text{тр}}$  - річна норма пробігу транспортного агрегату, км;

$\ell_{\text{тр}}$  - пробіг транспорту за операцію, км;

при виміру обсягу робіт в годинах

$$E_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}} \cdot \alpha_{\text{Е тр}} \cdot (A_1 + A_2) \cdot t_{\text{тр}}}{100 \cdot T_{\text{тр}}}, \quad (16)$$

де  $T_{\text{тр}}$  - річний наробіток транспортного агрегату, год;

$t_{\text{тр}}$  - тривалість транспортної операції, год.

Затрати енергії на запасні частини, матеріали

$$E_{зм} = \sum_{i=1}^m (M_{зм} \cdot \alpha_{Езм}), \quad (17)$$

де  $E_{зм}$  - енергоємність запасних частин матеріалів, МДж;

$M_{зм}$  - маса запасних частин, матеріалів, кг;

$\alpha_{Езм}$  - енергетичний еквівалент запчастин, матеріалів,  
МДж/кг;

$m$  - кількість видів матеріалів.

Затрати енергії на пально-мастильні матеріали

$$E_{пмм} = \sum_{i=1}^k (G_{пмм} \cdot \alpha_{пмм}), \quad (18)$$

де  $E_{пмм}$  - енергоємність пально-мастильних матеріалів,  
МДж;

$G_{пмм}$  - норма витрати пально-мастильних матеріалів, кг;

$\alpha_{пмм}$  - енергетичний еквівалент пально-мастильних  
матеріалів МДж/кг;

$k$  - кількість видів пально-мастильних матеріалів.

Таким чином, затрати енергії на ТО дорівнює

$$E_{то} = E_{мз} + E_{пв} + E_{вм} + E_{еe} + E_{пл} + E_{ом} + \\ E_{об} + E_{зб} + E_{тм} + E_{тр} + E_{зм} + E_{пмм} \quad (19)$$

Енергетичний аналіз технології ТО закінчується визначенням коефіцієнта енергетичної ефективності, тобто співвідношенням енергоресурсу машин після ТО до суми затрат енергії до ТО плюс затрати енергії на ТО.

$$K_{еето} = \frac{E_{Рп,то}}{E_{Рд,то} + E_{то}}, \quad (20)$$

де  $K_{\text{е ст о}}$  - коефіцієнт енергетичної ефективності ТО;

$EP_{\text{п, то}}$  - енергоресурс після ТО, МДж;

$EP_{\text{д, то}}$  - енергоресурс до ТО, МДж;

$E_{\text{то}}$  - затрати енергії на ТО, МДж.

Енергоресурс після ТО

$$EP_{\text{п, то}} = P_{\text{п}} \cdot \alpha_{\text{м}}, \quad (21)$$

де  $P_{\text{п}}$  - ресурс машини після ТО, год;

$\alpha_{\text{м}}$  - енергетичний еквівалент машини, МДж/год.

Енергоресурс до ТО

$$EP_{\text{д, то}} = P_{\text{з ад то}} \cdot \alpha_{\text{м}}, \quad (22)$$

де  $P_{\text{з ад то}}$  - залишковий ресурс машини до ТО, год.

Прямий аналіз технології ТО мало що дає, так як кожна технологічна операція є необхідною, а витрати ресурсів на її виконання достатньо обгрунтовані. Тут необхідні більш глибокі наукові методи пошуку резервів економії витрати ресурсів.

Технологія ТО - складний технічний об'єкт, який включає складові технічного, організаційно-економічного і екологічного характеру. Для зручності аналізу технології, як складової системи доцільно роз'єднати її на частини - підсистеми. Складовими частинами технології ТО є два головних признаки: функціональний і структурний.

За функціональним признаком можна виділити такі роботи: очищувально-мийні, кріпильні, контрольно-діагностичні і регулювальні, мастильні, заправні.

За структурним признаком можна виділити затрати ресурсів на: обладнання, будівлі, пально-мастильні матеріали,

запасні частини, воду та інші технологічні матеріали, транспортні роботи, працю людини, електроенергію.

За наявними ознаками функціями (види робіт) і структурними (енергоресурсами) побудована морфологічна модель ресурсозбереження (див. рис.). Аналізуючи різні варіанти поєднання способів виконання функцій (очищувально-мийні, кріпильні, контрольні-діагностичні і регульовальні, мастильні, заправні) і витрати ресурсів (обладнання, будівлі, пально-мастильні матеріали (ПММ), праця людини, електроенергія, технологічні матеріали, транспортні роботи) на різних структурних підрозділах або засобах виконання ТО (агрегатах технічного обслуговування (АТО), постах ТО господарств, станціях технічного обслуговування (СТО), машинно-технологічних станціях (МТС), фірмових технічних центрах підприємств-виготівників техніки (ФТЦ)) дозволив виявити вихідні множини альтернатив для прийняття рішення про найбільш доцільну форму ресурсозбереження при ТО. Порівняння варіантів здійснюється за критеріями корисності затрат ресурсів.

При вирішенні задачі скорочення затрат ресурсів на ТО за технологію аналог доцільно прийняти типову. Кожна із функціональних і структурних підсистем має відношення до всієї технології і характеризує її в цілому. Тому затрати ресурсів по підсистемах дозволяє оцінити ресурсозатратність технології в цілому.



Таблиця 1

Структура енергозатрат технології ТО-3 трактора ЮМЗ-6КЛ

Найменування енергоресурсів	Затрати ресурсів, %	
	типова	на стаціонарному посту ТО господар- ства
Обладнання	20	22
Будівлі	8	5
Пально-мастильні матеріали	22	29
Запасні частини, вода та ін. технологічні матеріали	31	45
Транспортні роботи	-	8
Праця людини	10	18
Електроенергія	9	15
Разом	100	142

Таблиця 2

Структура енергозатрат технології ТО-3 трактора ЮМЗ-6КЛ

Вид робіт (функцій)	Затрати ресурсів, %	
	типова	на стаціонарнім посту ТО господар- ства
Очищувально-мийні	3	12
Кріпильні	32	49
Контрольно-діагностичні і регулювальні	38	75
Мастильні	17	22
Заправні	10	18
Разом	100	176

Таким чином, загальна схема проектування ресурсозберігаючих технологій ТО є вибір технології-аналога, розподіл її на функціональні і структурні підсистеми, розрахунок затрат ресурсів на реалізацію цих підсистем і пошук методів і засобів скорочення затрат ресурсів по кожній із виділених підсистем.

Якщо взяти за аналог базову технологію ТО трактора ЮМЗ-6КЛ з застосуванням даної методики розраховані затрати ресурсів на її реалізацію (табл. 1, 2).

Розраховані затрати ресурсів для фактичної технології на стаціонарному посту ТО, що застосовується в господарствах Криничанського району Дніпропетровської області (табл. 1, 2). Із таблиць видно, що фактична технологія може бути перетворена в технологію з економєю всіх видів ресурсів на 42 - 76%.

Матеріали статті можуть бути науково-методичною основою для аналізу технологій ТО, що виконуються на машинно-технологічних станціях, фірмових технічних центрах підприємств-виготівників техніки, підприємствах агротехсервісу, постах ТО господарств та за допомогою пересувних агрегатів технічного обслуговування тощо.

### Бібліографічний список

1. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного.-К.: Урожай, 1996.-384 с.
2. Тракторы "Беларусь" ЮМЗ-6КЛ и ЮМЗ-6КМ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ПО ЮМЗ. Отв. за выпуск Муха В.П. -М.: Машиностроение. 1988.-303 с.