



УДК. 631.12

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ СУЧАСНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Мовчан В.Ф., к.т.н.,

Болтянський Б.В., к.т.н.,

Ігнат'єв Є.І., інж.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38(0619) 42-12-65; e-mail: tdatu-mvz@yandex.ru

Анотація – у роботі запропоновано аналітичний метод визначення потреби у засобах механізації для господарств півдня України. Цей метод може знайти своє відображення в роботі підприємств виробників сільськогосподарської техніки. Підвищення безвідмовності з урахуванням строків служби тракторів, комбайнів дає можливість обґрунтувати цінність проведення відновлення.

Ключові слова – засоби механізації, аналітичний метод, втрати, оптимум, технологія, урожай.

Постановка проблеми. У зв'язку з кількаразовим диспаритетом цін на машинобудівну продукцію в порівнянні із сільськогосподарською АПК України перебуває в тривалій системній кризі. Особливо це впливає на придбання техніки. У зв'язку зі зменшенням її в 2 і більше разів, значним старінням існуючих тракторів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин, як правило, не витримуються строки виконання сільськогосподарських робіт. Це безпосередньо впливає на врожайність вирощуваних культур. Втрати від подовження тривалості виконання робіт після агростроку за одні діб – $k_{1,2}$ при початку виконання роботи до агростроку (нижній індекс - 1) або при продовженні робіт після закінчення агростроку (нижній індекс - 2) коливаються в широких межах: від 0,1 до 1,9 % урожаю.

Аналіз останніх досліджень. Знизити ці втрати, а значить і втрати на проведення сільськогосподарських робіт, можна варіюючи тривалістю виконання різних сільськогосподарських операцій. Там, де інтенсивність втрат більша, тривалість роботи повинна прагнути до агростроку. І навпаки, при невеликій інтенсивності втрат тривалість робіт за агростроком може бути значно збільшена. У підсумку втрати

від пролонгації робіт, у цілому істотно знизяться. При цьому досягається ефект як у зменшенні витрат від втрат продукції, так і в певній компенсації дефіциту техніки.

Подібні дослідження були проведені на прикладі вирощування однієї культури [1, 2]. Результати виявилися досить ефективними.

Формулювання цілей статті. В роботі запропоновано аналітичний метод визначення потреби у засобах механізації для господарств півдня України.

Основна частина. Для визначення оптимальної тривалості механізованих с.-г. робіт при лінійній і нелінійній залежності втрат урожаю був використаний критерій мінімуму питомих витрат у вигляді суми вартості виконання роботи й втрат, пов'язаних з відхиленням виконання робіт від агростроків, а також із простоем МТА. Підсумовуючи ці функції, знайшовши її похідну по тривалості і-ї роботи й дорівнявши її нулю, одержують оптимальну тривалість при лінійній залежності втрат від строку робіт:

$$T_{ij}^{OPT} = \left[\frac{K_i (A + K + Z_{III})}{0,005Ц \cdot У \cdot W_C \cdot P \cdot k_{1,2} (1 + D)} \right]^{0,5}, \quad (1)$$

де K_i - частка річної або сезонної тривалості роботи МТА при виконанні певної операції;

A, K - амортизаційні відрахування й кредитна (лізингова) ставка, грн./рік або грн./сезон;

Z_{III} - сумарні постійні витрати на оплату працівників з нарахуваннями й інші витрати, що не залежать від кількості зробленої продукції, грн./рік або грн./сезон;

$Ц$ - середня закупівельна ціна сільськогосподарської культури, грн./т;

$У$ - її потенційна врожайність, коли виконуються строки оброблення й збирання, т/га;

W_C - добова експлуатаційна продуктивність МТА, га/доба;

P - рентабельність виконуваної роботи, %;

D - коефіцієнт, що враховує простое МТА при роботі.

Як показали дослідження, при лінійній залежності втрат кількість МТА зменшується в середньому в 1,5 рази. При показнику ступеня функції втрат більше одиниці кількість МТА знижується на 10..20 %, нарешті, при показнику ступеня функції втрат менше одиниці кількість МТА знижується на 60..80 %. Сезонна продуктивність, тобто інтенсивність роботи, збільшується прямо пропорційно цим величинам (рис. 1).

При нелінійній статечній функції втрати від відхилення роботи від прийнятого агрострока

$$C_2 = 0,005 \cdot C \cdot Y \cdot P \cdot W_C \cdot k_{1,2} (T_K - T_A)^\gamma \cdot (1 + D), \quad (2)$$

де γ - показник ступеня;

T_K – фактична тривалість роботи, доба;

T_A – агросрок.

На оптимальну тривалість роботи значний вплив робить частка річного виробітку, що доводиться на дану роботу (K_i).

При відсутності дефіциту техніки річна (сезонна) частка роботи визначається як відношення агросрока до нормативної річної (сезонної) тривалості роботи МТА. При дефіциті техніки річна, сезонна тривалість роботи збільшується одночасно із пролонгацією агросрока.

Отримані оптимальні тривалості робіт з вираження (1) справедливі для кожної окремо взятої культури. Однак, збільшення тривалості роботи з однією культурою може перешкодити по строках виконання тієї ж роботи з іншою сільськогосподарською культурою, у першу чергу, при близьких або однакових агросроках.

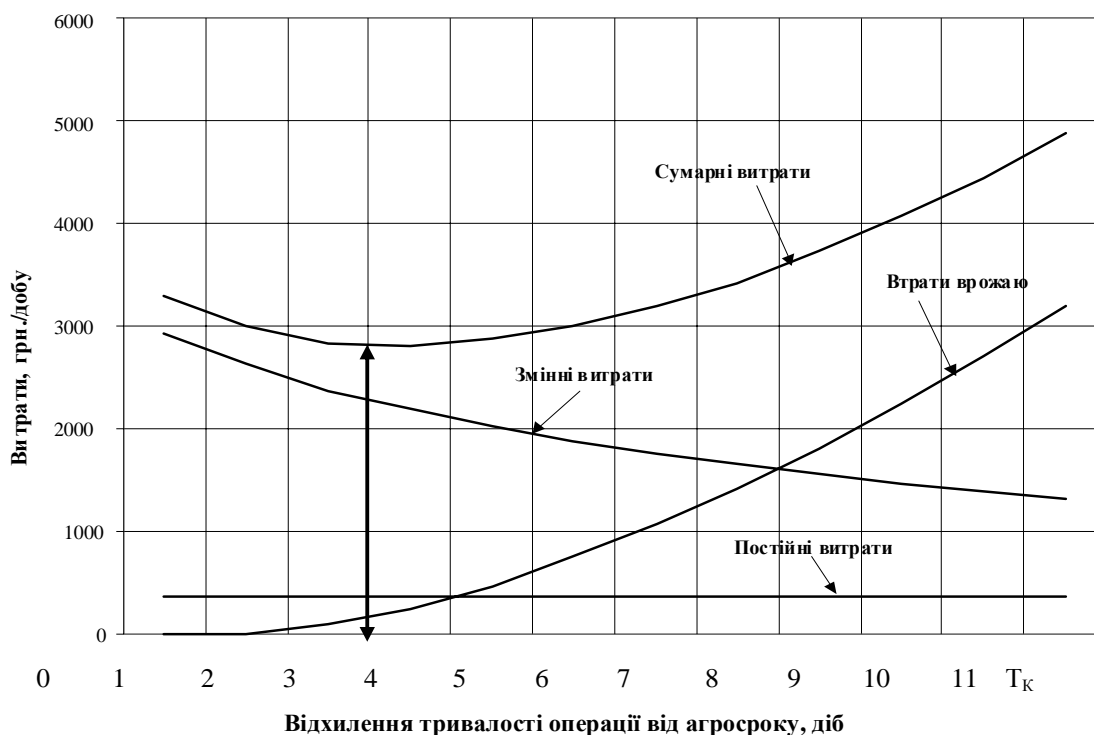


Рис. 1. Складові витрат на виконання с.-г. операції при нелінійній функції збитків.

У зв'язку з цим становить значний інтерес рішення завдання знаходження оптимальних річних або сезонних часток тривалості робіт для всіх вирощуваних сільгоспкультур. Власне кажучи, мова йде про розвиток отриманих раніше залежностей для того, щоб ураховувати показники інтенсивності втрат всіх робіт, які виконує кожний МТА при вирощуванні сільськогосподарських культур, з метою мінімізації загальних втрат від дефіциту техніки.

Оскільки величина K_i значно впливає на оптимальну тривалість роботи МТА, виведена формула її визначення. Для цього була використана рівність добутоків річної (сезонної) частки робіт – K_i і інтенсивності втрат від відхилення роботи від агростроку:

$$C = K_1 \cdot k_{1,2_1} = K_2 \cdot k_{1,2_2} = \dots = K_n \cdot k_{1,2_n} \quad (3)$$

Чим більша інтенсивність втрат, тобто $k_{1,2_i}$, тим менше повинна бути частка річного часу – K_i на виконання відповідної роботи для того, щоб зменшилися сумарні втрати. І навпаки.

У зв'язку з цим становить інтерес оптимізувати K_i , що забезпечує одержання додаткового техніко-економічного ефекту.

У розвиток наведеної методики нижче дана розгорнута формула витрат на проведення сільськогосподарських робіт з урахуванням тривалості робіт усього МТП:

$$\begin{aligned} Z_{ije} = & \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E \left\{ \frac{F_{ije}}{n \cdot m \cdot N_{ije} \cdot (K_T + K_C + K_M) \cdot \eta_C} \left[n \cdot m \cdot (Z_{iП} + \Delta Z_i) \cdot (1 + K_C) \cdot (F_{ije} \cdot q_{iTeT} \cdot C_T) \right] \right\} + \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E \left\{ \frac{K_{ieT} \cdot (A_{AT} + A_{KT})}{T_{Ke}} + P_T + \frac{K_{ieC} \cdot (A_{AC} + A_{KC})}{T_{Ke}} + P_C + \frac{Z_{III}}{T_{Ke}} \right\} + \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E \left[0,005 \cdot C_{ije} \cdot Y_e \cdot R_e \cdot W_{cije} \cdot k_{1,2e} \cdot (1 + D) \cdot (T_{Ke} - T_A)^Y \right] \end{aligned} \quad (4)$$

де F_{ije} – обсяг i -ї роботи j -го агрегата по e -й культурі (га, т, т·км);

n – кількість агрегатів (машин);

m – кількість змін у добі;

N_{ije} – змінна (добова) норма виробітку (га/змінна, км/доба);

η_C – коефіцієнт використання часу зміни;

K_T – коефіцієнт простою через поточний ремонт трактора (комбайна);

K_C – коефіцієнт простою через поточний ремонт сільгоспмашини;

K_M – коефіцієнт простою по метеоумовам;

$Z_{iП}$ – тариф основної заробітної плати механізаторів агрегату, грн./змінна;

ΔZ_i – додаткова заробітна плата, грн./змінна;

K_3 – частка відрахувань на соцстрах;

q_{iTea} – витрата палива (л/га, л/т, л/км);

C_T – ціна палива, грн./л;

$K_{ieT, (C)}$ – частка річної або сезонної тривалості i -ї роботи трактора (сільгоспмашини) при вирощуванні e -ї культури;

$A_{OT (oc)}$ – річні або сезонні амортизаційні відрахування на

- трактор (сільгоспмашину), грн.;
- $A_{T(3)}$ – річна або сезонна кредитна (лізингова) ставка трактора (сільгоспмашини), грн.;
- $P_T(c)$ – річні (сезонні) відрахування на ремонт трактора (сільгоспмашини), грн.;
- $T_{ке}$ – фактичний строк виконання i -ї роботи при вирощуванні e -культури, доба;

Індекси Z_{III} , C_e , B , R , W_{Cije} , $k_{1,2ie}$, TA , γ наведені при описі формул (1) і (2).

З урахуванням формули (4) представляється можливим модифікувати вираження (3) шляхом множення величини $k_{1,2ie}$ (табл. 1) на показник у вигляді ціни, прибутку, або рентабельності при вирощуванні сільськогосподарської культури. Наприклад, при застосуванні ціни:

$$\sum_{i=1}^n \sum_e^E K_i = A \cdot \sum_{i=1}^n \sum_e^E 1/C_i \cdot k_i = 1. \tag{5}$$

де C_e – закупівельна ціна вирощеної e -ї сільськогосподарської культури.

Аналізуючи вираження (5), можна помітити, що чим більша закупівельна ціна й інтенсивність втрат сільськогосподарської культури, тим менша сезонна частка часу виконання відповідної операції. У цьому випадку представляється можливим зрівняти інтенсивність втрат з обліком всіх закупівельних цін вирощуваних сільськогосподарських культур, тим самим диференціювати загальні втрати зі зменшенням їхньої величини.

Врахуємо показник A , що забезпечує рівність втрат різних сільськогосподарських культур по втратах у зв'язку з подовженням строку роботи.

Спростимо формулу (4), розглянувши одну роботу. Позначимо перший рядок через заробітну плату – Z_{IIIe} і витрати на паливо – Z_{Tie} . Перший і другий доданок другого рядка у фігурних дужках:

$$\frac{K_{ieT} \cdot (A_{AT} + A_{KT})}{T_{ке}} + P_T = \frac{A_{Te}}{T_{ке}} + P_T. \tag{6}$$

Третій і четвертий доданок другого рядка:

$$\frac{K_{ieC} \cdot (A_{AC} + A_{KC})}{T_{ке}} + P_C = \frac{A_{Ce}}{T_{ке}} + P_C \tag{7}$$

і частина що складає 3-й рядок

$$A_{IIIe} = 0,005 \cdot C_{ije} \cdot Y_e \cdot R_e \cdot W_{cije} \cdot (1+D). \tag{8}$$

Тоді вираження (4) буде мати вигляд:

$$Z_{ije} = Z_{Pie} + Z_{Tie} + \frac{A_{Te}}{T_{ke}} + \frac{A_{Ce}}{T_{ke}} + P_T + P_C + \frac{Z_{III}}{T_{ke}} + A_{Pe} \cdot k_{1,2e} \cdot (T_{ke} - T_a)^\gamma \quad (9)$$

Похідна рівняння (9) по T_{ke} при $\gamma = 1$

$$dZ_{ije} / dT_{ke} = A_{Pe} \cdot k_{1,2e} - \frac{(A_{Te} + A_{Ce} + Z_{III})}{T_{ke}^2} \quad (10)$$

Те ж, при $\gamma > 1$

$$dZ_{ije} / dT_{ke} = \gamma \cdot A_{Pe} \cdot k_{1,2e} \cdot \sqrt{\gamma(T_{ke} - C)} - \frac{(A_{Te} + A_{Ce} + Z_{III})}{T_{ke}^2} \quad (11)$$

Нарешті, при $\gamma < 1$

$$dZ_{ije} / dT_{ke} = \frac{\gamma \cdot A_{Pe} \cdot k_{1,2e}}{\sqrt[\gamma]{T_{ke} - C}} - \frac{(A_{Te} + A_{Ce} + Z_{III})}{T_{ke}^2} \quad (12)$$

Прирівнявши вирази (10) (12) нулю, знаходимо оптимальне значення T_{ke} .

При цьому отримана екстремальна крапка, як показав аналіз, буде характеризувати мінімальне значення витрат з урахуванням витрат від пролонгації агросроку.

Зокрема, з урахуванням вираження (1) при $\gamma = 1$ маємо:

$$T_{ija}^{i \dot{o}} = \left[\frac{K_{ieT} \cdot (Q_{A\dot{o}} + A_{\dot{E}\dot{o}}) + K_{ieC} \cdot (Q_{AC} + A_{\dot{E}C}) + C_{i \dot{E}}}{0,005 \cdot \ddot{O}_{ije} \cdot \acute{O}_e \cdot R_e \cdot W_{cije} \cdot k_{1,2e} \cdot (1 + D)} \right]^{0,5} \quad (13)$$

Визначення оптимальної тривалості і - ї роботи у випадку γ більше й менше одиниці здійснюється у зв'язку із труднощами визначення цього показника аналітичним шляхом за допомогою комп'ютерної програми.

Аналізуючи вираження (13) дійдемо висновку, що члени K_{ieT} й K_{ieC} мають різну річну або сезонну частку виробітку, але однакову тривалість певної роботи в складі машинно-тракторного агрегату. У них спостерігається двоїстий характер стосовно розв'язуваного завдання. Таку подвійність можна врахувати в такий спосіб. По кожному агрегату в цілому, розглядаючи його як окрему машину, визначають по ньому, поряд з іншими агрегатами, оптимальну річну або сезонну частку роботи. Потім за критерієм мінімуму витрат підраховують оптимальне значення T_{ije}^{OPT} , у формулі якого враховуємо K_{ieT} й K_{ieC} , поряд із втратами від пролонгації агросроку згідно (13).

Таким чином, у рішенні завдання послідовно враховуються два критерії. Спочатку критерій оптимізації річної або сезонної частки агрегатів - А відповідно до вираження (5), а потім критерій оптимізації тривалості роботи з агрегатів з урахуванням першого критерію протягом сезону або року роботи.

З метою зменшення обсягу робіт, важливо звести розширене розглянуте завдання до вже вирішеного, використавши розроблену комп'ютерну програму [2].

Оптимальне значення K_{ije}^{OPT} знаходимо на основі добутку річних (сезонних) часток робіт агрегатів, цін сільськогосподарських культур і інтенсивності їхніх втрат відповідно до вираження (5).

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E K_{ie}}{\sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E 1/C_i \cdot k_i} \tag{14}$$

де K_{ie} – сезонна частка і-ї роботи при вирощуванні е-ї культури;
 n – число польових робіт, що виконуються;
 E – число вирощуваних культур;
 i = 1,2,3...n; e = 1,2,3,...E.

Чисельник вираження (14) характеризує суму всіх сезонних (річних) часток робіт МТА, виконуваних по сільськогосподарських культурах. Стосовно до сезону або року робіт значення суми складе 1. Однак, у першому випадку необхідно витрати в круглих дужках чисельника виражень (10), (11) і (12) помножити на відношення сезонного виробітку до річного по трактору, сільгоспмашині й постійним витратам Z_{III} .

Знаменник вираження (14) характеризує добуток ціни сільськогосподарських культур на інтенсивність втрат.

Розглянемо приклад. Визначимо частку часу роботи машинно-тракторних агрегатів МТА у весняний період з урахуванням операцій (див. табл. 1). Величину чисельника у цьому періоді приймаємо рівною 1. Відношення сезонного виробітку до річного становить по тракторах і величині $Z_{III} = 0,25$, по сільгоспмашинах – 0,4.

Таблиця 1 – Ціни, інтенсивність втрат і їхнього добутку по трьох основних культурах при роботі МТА після агротрока у весняний період.

Сільськогосподарські культури	Яриця	Ячмінь	Соняшник
Ціна, грн./т	1500	1200	3100
Інтенсивність втрат при виконанні роботи:			
Культивація з боронуванням	0,004	0,004	0,004
Передпосівна культивация	0,005	0,005	0,005
Посів	0,0052	0,0052	0,014
Величина $C_e \cdot k_{1,2ie}$:			
Культивація з боронуванням	12	14	19,2
Передпосівна культивация	15	17,5	24
Посів	15,6	18,2	67,2
Разом	42,6	49,7	110,4

Відповідно до вираження (14) знаходимо величину критерію A , використовуючи (табл. 2):

$$A = \frac{1}{\frac{1}{12} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15,6} + \frac{1}{14} + \frac{1}{17,5} + \frac{1}{18,2} + \frac{1}{19,2} + \frac{1}{24} + \frac{1}{67,2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10}} = 1,2030082$$

Таблиця 2 – Оптимальна річна частка робіт з сільгоспкультурам.

Роботи	Річна частка (виробіток) роботи з культур, K_{ie}^{OPT}		
	Яриця	Ячмінь	Соняшник
Культивация з боронуванням	0,1002506	0,0859291	0,0626566
Передпосівна культивация	0,0802005	0,0687433	0,0501253
Посів	0,0771159	0,0660993	0,0179019
Разом	0,2575670	0,2207717	0,1306838

З вираження (14) при відомому критерії A визначаємо сезонні частки кожної i -ї роботи з e -ї культури (табл. 2) - по формулі:

$$K_i = A / C_i \cdot k_i \quad (15)$$

Отриманий результат у табл. 2 характеризує правильність розрахунку часток сумарного сезонного виробітку по всіх роботах сільськогосподарських культур, рівній одиниці.

$$\text{Усього } \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E K_{ie} = 1,0000000.$$

Неважко помітити, зі збільшенням ціни й інтенсивності втрат сільськогосподарської культури зменшується сезонна частка відповідної роботи, тобто зменшується відхилення від агростроку, а значить і втрати від цього відхилення.

У табл. 3 наведені результати оптимізації тривалості робіт із чотирьох культур при виконанні трьох операцій протягом сезону.

З таблиці видно, що при дефіциті машин, зокрема тракторів, оптимальна тривалість роботи змінюється в значних межах: від 4,9 до 9,7 доби при агростроку 4 доби. У середньому одна операція займає 6,76 доби, тобто тривалість операції збільшується за даних умов в 1,69 рази.

Цікаві дані спостерігаються при інтенсивностях втрат, які значно відрізняються. Наприклад, частка втрат протягом доби за агростроком при посіві соняшника становить 0,014, що в середньому в 2,72 рази більше чим в інших культурах. У цьому випадку розрахунковий строк посіву, рівний 4,9 доби, при дефіциті техніки наближається до агростроку.

Таблиця 3 – Оптимальна тривалість роботи МТА

Показники	Од. вим.	Сільськогосподарська культура					
		Озима пшениця			Ячмінь		
		Культивація з бо- ронуванням	Передпосівна ку- льтивація	Посів	Культивація з бо- ронуванням	Передпосівна ку- льтивація	Посів
Тривалість ро- боти	діб	7,3	5,7	6,1	6,7	5,2	5,7
Зменшення числа МТА	раз	1,82	1,42	1,52	1,67	1,3	1,42
Економічний ефект	грн./ добу	175,54	21,44	89,84	125,78	10,48	63,00
Витрати	грн./ добу	9835,16	1596,96	27780,44	9817,36	1656,84	27772,10
Показники	Од. вим.	Сільськогосподарська культура					
		Соняшник			Овес		
		Культивація з бо- ронуванням	Передпосівна ку- льтивація	Посів	Культивація з бо- ронуванням	Передпосівна ку- льтивація	Посів
Тривалість ро- боти	діб	7,7	6,9	4,9	9,7	7,3	8,0
Зменшення числа МТА	раз	1,92	1,72	1,22	2,43	1,82	2,0
Економічний ефект	грн./ добу	44,16	27,12	1,82	413,30	68,40	274,80
Витрати	грн./ добу	2693,98	2255,80	856,92	9901,18	1622,94	27861,72

Для практичного застосування методики визначення оптимальної тривалості робіт МТП господарств при дефіциті техніки рекомендується така послідовність:

- 1) аналіз технології вирощування запланованих сільгоспкультур;
- 2) складання проекту графіка використання МТА в певному сезоні з урахуванням агростроків;
- 3) виявлення робіт, строки виконання яких перевищують агростроки;
- 4) визначення відношення середнього сезонного виробітку до річного по тракторам, величині Z_{III} й сільгоспмашинам по роботах, фактичні строки виконання яких перевищують агростроки;
- 5) визначення величин C_e й K_{2e} по кожній культурі й виявлених роботах, а також їхнього добутку згідно табл. 1;
- 6) установлення першого критерію - A по формулі (14);
- 7) визначення оптимальних часток тривалості робіт з кожної сільськогосподарської культури й роботі з формули (15) згідно табл. 2;

- 8) визначення оптимальної тривалості робіт МТП, використовуючи комп'ютерне забезпечення або при показнику ступеня $\gamma=1$ формулу(1);
- 9) корегування графіка використання МТА в певному сезоні з урахуванням знайденої оптимальної тривалості робіт за економічними критеріями.

Висновки. Запропонований метод компенсації дефіциту техніки також може знайти своє відображення в роботі машинобудівників – це допомога селянам в підтриманні машин в працездатному стані, що в свою чергу дасть ефект всім учасникам виробництва.

Підвищення безвідмовності з урахуванням строків служби тракторів, комбайнів дає можливість обґрунтувати цінність проведення відновлення як окремо взятих деталей, так і вузлів в цілому. Машинобудівникам необхідно рекламувати відновлену продукцію і пропонувати с.г. виробникам, а також доказувати доцільність встановлення на машину відновлених вузлів. Це один з головних ресурсозберігаючих підходів для використання природних енергетичних джерел.

Література

1. *Зангиев А.А.* Практикум по эксплуатации машинотракторного парка / *А.А. Зангиев, А.Н. Скороходов.* – М.: КолосС, 2006. –320 с.: ил.
2. *Ільченко В.Ю.* Курсове проектування з машиновикористання в рослинництві: Навчальний посібник / *В.Ю. Ільченко та ін..* – Дніпропетровськ.: РВВ ДДАУ, 2006. –132 с.
3. *Синопальников В.А.* Надежность и диагностика технических систем / *В.А. Синопальников* – М.: Высш. шк.,– 2005. –343 с.: ил.
4. *Черноиванов В.И.* Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники / *В.И. Черноиванов.* – М.: ФГНУ «Росинформагротех»,– 2002. –780 с.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.Ф. Мовчан, Б.В. Болтянский, Е.И. Игнатьев

Аннотация – в работе предложен аналитический метод определения потребности в средствах механизации для хозяйств юга Украины. Этот метод может найти свое отражение в работе предприятий производителей сельскохозяйственной техники. Повышение безотказности с учетом сроков службы тракторов, комбайнов дает возможность обосновать ценность проведения восстановления.

METHOD OF DETERMINING THE AMOUNT OF MACHINERY FOR MODERN AGRICULTURAL ENTERPRISES

V. Movchan, B. Boltyanskii, E. Ignatiev

Summary

The paper proposes an analytical method to determine the need for a number of agricultural machinery on the south of Ukraine. This method can find their reflection in the work of enterprises of agricultural machinery manufacturers. Increasing reliability considering lifetimes of tractors, combines enables substantiate the feasibility of recovery.