Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 1, 177-187
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2019.01.177-187

УДК 631.1.004

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГОТОВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.
Бібл. 12, рис. 5, табл. 4.

Анотація. Встановлено, що планування та організація інженерної служби аграрних підприємств знаходиться в занедбаному стані. Необхідно термінове впорядкування інженерної служби аграрних підприємств шляхом створення комплексної системи відновлення працездатності із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин з оснащенням її необхідними технічними засобами і чіткого розподілу трудомісткості між виконавцями.

Ключові слова: методологія, коефіцієнт готовності, ефективність, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми

Планування робіт з технічного сервісу сільськогосподарських машин ведеться на недостатньому рівні, або відсутнє взагалі. Недостатня увага до визначення технічного стану при введенні в експлуатацію та при постановці на зберігання самохідних сільськогосподарських машин, що призводить до нераціональних витрат як фінансових так і трудових ресурсів на утримання машино-тракторного парку і підвищення собівартості виробництва продукції рослинництва.

Досвід показує, що найбільш ефективно інженерні питання вирішуються комплексно. Тому такий підхід є актуальним і новим у вирішенні проблем із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин.

Аналіз останніх досліджень

Структура системи машин агропромислового комплексу України характеризується багатомарочністю, що до де-якої міри ускладнює їх експлуатацію і технічне обслуговування. Коефіцієнт готовності сільськогосподарських машин залишається низьким 0,68…0,71 [1]. При цьому наробіток на відмову у зернозбиральних комбайнів складає 18…21 га при сезонному наробітку 208…216 га на один комбайн. Аналогічна ситуація із збиральною самохідною технікою для буряків, кукурудзи та картоплі [2]. Збільшення кількості відмов машин збільшує трудомісткість виконання інженерних заходів з відновлення їх працездатності [3].

Недосконалі конструкції самохідних сільськогосподарських машин і по рівню пристосованості до технічного обслуговування [4]. Так узагальнений динамічний показник пристосованості до технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів складає лише 0,71…0,73, у порівнянні з європейським рівнем в 0,89…0,93 [5]. Це також збільшує трудомісткість виконання інженерних заходів з відновлення працездатності машин [6].

В структурі агропромислового комплексу України наявні 11532 ремонтних майстерень та 6904 стаціонарних пунктів технічного обслуговування, з них лише 12% майстерень і 16% пунктів пристосовані до сучасних вимог [7]. Лише 24% аграрних підприємств України, що є власниками самохідних сільськогосподарських машин, мають повнокомплектні машинні двори [8]. Тому до 87% машин зберігаються на відкритих майданчиках, що те ж збільшує трудомісткість виконання інженерних заходів з відновлення їх працездатності [9].

Існує тенденція в агропромисловому комплексі України, що аграрні підприємства відмовляються від спеціалізованих послуг технічного сервісу і самі створюють інженерну службу, яка вже виконує до 89% техсервісних робіт [10]. Однак при цьому стикаються із фінансовими витратами в забезпеченні сучасним технологічним обладнанням і в отриманні практичних рекомендацій їх раціонального застосування у виробничому циклі [11]. Така вітчизняна тенденція відрізняється від європейської, за якою техсервісні послуги надаються або продуцентами, або посередницькими організаціями, в тому числі і дилерськими [12]. Основні з них:

- доставка нових машин, їх дозбирання, обкатка та технологічне регулювання;
- технічне обслуговування машин згідно правил експлуатації;
- ремонт машин або їх агрегатів чи вузлів;
- доставка машин до місця експлуатації та до місця зберігання;
- забезпечення машин джерелами енергії, змінними елементами, запасними частинами та матеріалами;

- модернізація машин в процесі їх експлуатації;
- утилізація машин: розбирання, сортування деталей, купівля придатних для подальшої експлуатації, відновлення деталей.

Тому європейський користувач техніки займається лише технологічними процесами виробництва сільськогосподарської продукції. А європейський виробник техніки отримує достовірну інформацію про надійність своєї продукції, номенклатуру та кількість необхідних запасних частин, а саме головне – безпосередній контакт з експлуатаційниками формує напрямки модернізації техніки та розробку нових зразків.

В Україні ще не створена база для такої організації, так як рівень платоспроможності більшості аграрних підприємств не дозволяє в повній мірі її реалізувати. Однак агрохолдинги і крупні агрофірми вже застосовують європейський досвід, в частині: забезпечення власних потреб у запасних частинах, проведення номерних технічних обслуговувань, комплексного технічного діагностування через прямі договори з представниками фірм, що є виробниками сільськогосподарських машин.

Мета досліджень

Мета досліджень – підвищення коефіцієнту готовності сільськогосподарських машин за рахунок впорядкування діяльності інженерної служби.

Об'єктом досліджень є фактичний стан техсервісної служби безпосередньо в аграрний підприємствах: технологія технічного контролю, діагностування, дефектації, технічного обслуговування, утилізації та зберігання сільськогосподарських машин.

Результати досліджень

Для забезпечення мети досліджень необхідно чітко визначити майбутні обсяги трудомісткості техсервісних заходів за кожним видом a_{ij} (трудомісткість i-го виду по одній машині j-го виду). Кількість видів машин і видів техсервісних заходів не обмежується. Це дозволяє, при необхідності, кожну машину розглядати як вид машин. Така диференціація застосовується у разі значного відхилення трудомісткості техсервісних заходів у машин одного виду. Можлива і проміжна ситуація. Якщо, наприклад, технічному обслуговуванню підлягає 10 машин одного виду (скажімо зернозбиральні комбайни пропускної здатності 9 кг/с), то їх можна представити як два види машин з різною трудомісткістю техсервісних заходів $n_1 = 4$ комбайни з трудомісткістю техсервісних заходів одного комбайна – T_1 і $n_2 = 6$ комбайнів з трудомісткістю техсервісних заходів одного комбайна – T_2, де $T_1 \neq T_2$. Такий підхід дозволяє більш достовірно визначити трудомісткість техсервісних заходів.

Трудомісткість інженерних заходів із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин визначається по всьому комплексу: технічне обслуговування, технічний контроль, технічне діагностування, усунення відмов, ремонт, зберігання, утилізація. При цьому застосовується класична методика індивідуального хронометрування виробничого циклу техсервісних заходів. Таким чином, визначається трудомісткість техсервісних заходів за видами і по кожному із елементів комплексу.

Аналізуючи саму технологію техсервісних заходів, можна установити відповідні інженерні і робітничі професії, тобто визначити професійний склад основних виконавців.

Якщо відомо види машин, які підлягають техсервісним заходам, j; кількість машин кожного виду на початок періоду техсервісних заходів, n_j; трудомісткість техсервісних заходів для однієї машини кожного виду по кожному виду техсервісних заходів, a_{ij}, і виділені для виконання техсервісних заходів трудові ресурси по кожному виду техсервісних заходів, b_i, то симплексним методом можна визначити основні параметри для складання оптимального ритму техсервісних заходів із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин. При цьому необхідно враховувати: рівномірне і повне завантаження виконавців кожної професії і технологічного обладнання; які види машин підлягають техсервісним заходам одночасно; скільки машин кожного виду можна максимально відновлювати в одиницю часу; які технологічні операції і в якій послідовності повинен виконувати кожний з виконавців.

Вихідна система рівнянь має вид:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_jx_j + \ldots + c_nx_n = max$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1j}x_j + \ldots + a_{1n}x_n = b_1$$

……....

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \ldots + a_{ij}x_j + \ldots + a_{in}x_n = b_i$$

……....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mj}x_j + \ldots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$x_j \geq 0.$$

Для розподілу операцій між виконавцями необхідно установити оптимальну черговість операцій, у тому числі і паралельних. Одержана черговість дозволяє одночасно розподіляти операції між будь-якою кількістю виконавців будь-яких професій, які мають місце в технологічному процесі техсервісних заходів даної машини.

Будь-яка технологічна операція технічного сервісу це двомірна величина. Для одного виконавця це буде прямокутник, де по осі ординат відкладається в повному масштабі кількість виконавців, а по осі абсцис – тривалість операції в часі.

Технологічний процес технічного сервісу сільськогосподарської машини представлений у вигляді таких прямокутників формує геометричну модель циклу. Форми геометричної моделі циклу визначаються для кожного виду робіт. При рівномірному розподілі обсягу робіт між виконавцями типова форма геометричної моделі циклу буде мати вид, який графічно представлений на рис. 1.

Методика встановлення оптимального ритму техсервісних заходів із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин полягає в

розміщенні на осі часу форм геометричної моделі циклу згідно визначеного ритму техсервісу машин даного виду. На рис. 2 графічно представлено фрагмент технічного сервісу трьох (x_1, x_2, x_3) видів машин з різними ритмами (d_1, d_2, d_3) їх технічного сервісу.

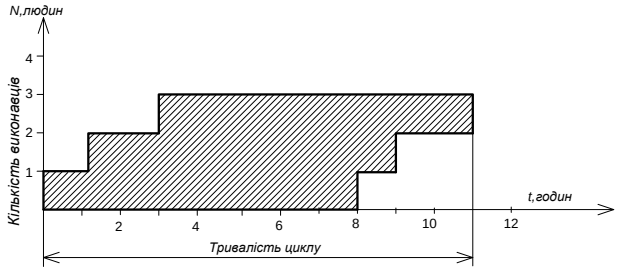


Рис. 1. Типова форма геометричної моделі циклу технічного сервісу сільськогосподарських машин.

Fig. 1. Standard form of a geometric model of the cycle of technical service of agricultural machines.

Крім того узагальнимо особливості техсервісу інженерною службою аграрного підприємства:

- програма технічного сервісу багатономенклатурна (40…50 найменувань) при незначній кількості об'єктів техсервісу (1…5 одиниць) по кожній номенклатурі;
- зайнятість машин на польових роботах з збирання врожаю сільськогосподарських культур (в цей момент машини мають мати коефіцієнт готовності 1,0 і не підлягають технічному сервісу).

Авторами статті було проведено паспортизацію техсервісної служби агрофірми Київської області та виконані хронометражні дослідження (табл. 1), за якими встановлювались наступні дані:

1. Перелік видів машин та кількість машин кожного виду, які підлягають техсервісу.
2. Трудомісткість технічного сервісу однієї машини кожного виду по видах робіт.
3. Погодинна добова зайнятість машин кожного виду на польових роботах зі збирання врожаю сільськогосподарських культур.
4. Залучені агропідприємством трудові ресурси для техсервісу машин (6 техніків з технічного обслуговування; 1 інженер-діагност і керівник інженерної служби; 1 слюсар-ремонтник; 1 технік із зберігання).

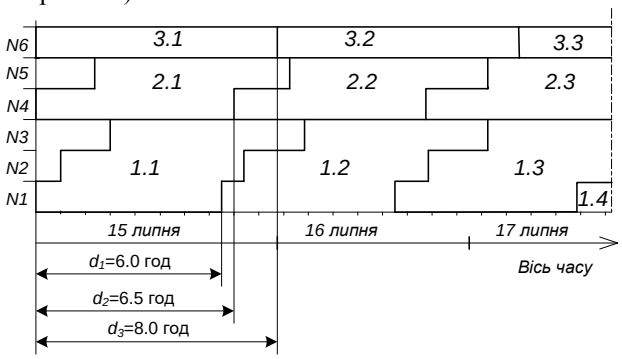


Рис. 2. Фрагмент технічного сервісу трьох (x_1, x_2, x_3) видів машин з різними ритмами (d_1, d_2, d_3) їх технічного сервісу.

Fig. 2. A fragment of technical service three (x_1, x_2, x_3) types of machines with different rhythms (d_1, d_2, d_3) their technical service.

Таблиця 1.
Table 1.

Вид машин	Кількість машин	Трудомісткість техсервісу однієї машини, люд.-годин				
		загальна	за видами робіт			
			ТО	УВ	ТД	З
ЗК6	6	50	38	4	3	5
ЗК9	8	30	22	1	5	2
ЗК11	12	20	16	3	0	1
БМ	4	40	31	2	1	6
КК	10	15	12	0	2	1

ЗК6, ЗК9, ЗК11 – зернозбиральні комбайни пропускної здатності, відповідно, 6 кг/с, 9 кг/с, 11 кг/с; БМ – бурякозбиральні самохідні машини; КК – кормозбиральні самохідні комбайни; ТО – технічне обслуговування; УВ – усунення відмов; ТД – технічне діагностування; З – зберігання.

Інженерна служба, згідно законодавства, має 8 годинне добове навантаження, тоді на техсервіс машин маємо такі добові нормативи: технічне обслуговування – 48 люд.-годин; усунення відмов – 8 люд.-годин; технічне діагностування – 8 люд.-годин; зберігання – 8 люд.-годин.

Сформулюємо умови задачі в загальному вигляді. Маємо n видів машин, які підлягають техсервісу. Технологічні процеси техсервісу цих машин забезпечує m видів техсервісних робіт. Кожен вид машин представляє собою групу машин з приблизно однаковою трудомісткістю та структурою техсервісних робіт, вид цих робіт представляє професію виконавця і відповідне технологічне обладнання. Відомо загальна трудомісткість техсервісу однієї машини та витрати ресурсів кожного виду на техсервіс однієї машини кожного виду. Необхідно встановити, для якої кількості машин кожного виду можливо і потрібно провести техсервіс за добу з тим, щоб всі види виділених трудових ресурсів використовувались максимально і забезпечити коефіцієнт готовності машин максимально.

Математичне формулювання задачі:

x_j – максимальна кількість машин j-го виду, що підлягають техсервісу за добу, одиниць;

a_{ji} – необхідні витрати ресурсів i-го виду для техсервісу машин j-го виду, люд.-годин;

b_i – виділені на техсервіс машин добові об'єми ресурсів j-го виду, люд.-годин;

$c_j = \sum_{i=1}^{m} a_{ji}$ – загальна трудомісткість техсервісу однієї машини j-го виду, люд.-годин;

n – кількість видів машин, які підлягають техсервісу;

j – поточна координата видів машин, $j = 1, 2, \dots, n$;

m – кількість видів виділених трудових ресурсів;

i – поточна координата видів ресурсів, $i = 1, 2, \dots, m$;

Виходячи з умов задачі цільова функція набуває виду:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n \to max$$

Тоді вихідні обмеження задаємо у вигляді системи нерівностей:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \le b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \le b_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \le b_m \end{cases}$$

Всі невідомі величини x_j не повинні мати від'ємного значення, так як це протирічить їх фізичній суті. При техсервісі машин ресурси не витрачаються, а виділяються, тому існує додаткове обмеження:

$$\{x_j \ge 0.$$

В одержаній системі нерівностей ми не знаємо, на скільки ліва частина менше правої. Тому нерівності треба перетворити в рівняння. Для цього, до кожної нерівності треба додати невідому величину, яку ми називаємо фіктивною машиною. Позначення кількості фіктивних машин приймемо таким:

$$x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}.$$

При цьому фіктивна машина не потребує на свій техсервіс витрат виділених трудових ресурсів, тобто:

$$c_{n+1} = c_{n+2} = \dots = c_{n+m} = 0.$$

З урахуванням сказаного система рівнянь і цільова функція набувають наступного виду:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n + 1 \cdot x_{n+1} + \\ \quad +0 \cdot x_{n+2} + \ldots + 0 \cdot x_{n+m} = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n + 0 \cdot x_{n+1} + \\ \quad +1 \cdot x_{n+2} + \ldots + 0 \cdot x_{n+m} = b_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n + 0 \cdot x_{n+1} + \\ \quad +0 \cdot x_{n+2} + \ldots + 1 \cdot x_{n+m} = b_m \end{cases}$$

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n + 0 \cdot x_{n+1} + \\ +0 \cdot x_{n+2} + \ldots + 0 \cdot x_{n+m} =\to max$$

Такі рівняння називаються симплексними. Всі умови і мета поставленої задачі можуть бути виражені у вигляді симплексних рівнянь. Тепер складемо симплексну таблицю. В загальному вигляді симплексна таблиця для нульового варіанту буде мати вид:

Шап-ка	φ_j	c_j	x_j	x_1	x_2	…	x_n	x_{n+1}	x_{n+2}	…	x_{n+m}	b_i	z_i	μ_i
Матриця	φ_1	c_{n+1}	x_{n+1}	a_{11}	a_{12}	…	a_{1n}	1	0	…	0	b_1	z_1	μ_1
	φ_2	c_{n+2}	x_{n+2}	a_{21}	a_{22}	…	a_{2n}	0	1	…	0	b_2	z_2	μ_2
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
	φ_m	c_{n+m}	x_{n+m}	a_{m1}	a_{m2}	…	a_{mn}	0	0	…	1	b_m	z_m	μ_m
Цільова сторона			z_k	c_1	c_2	…	c_n	0	0	…	0	Σb_i	Σz_i	$\mu_{\text{ср}}$

Загальний вигляд симплексної таблиці дозволяє визначити її форму, яку можна використовувати для визначення в конкретних умовах для конкретного складу сільськогосподарських машин. Для цього треба визначити розміри симплексної таблиці, тобто установити кількість стовбців і рядків. Очевидно, що на розміри таблиці впливають лише кількість видів машин та кількість видів трудових ресурсів. Для визначення кількості видів машин, які необхідно ввести в ритм техсервісу необхідно встановити момент початку техсервісу. Ми його фіксуємо, за умови довільної доби в липні коли проводяться сезонні польові роботи. Отже, бурякозбиральні машини в цей період не залучаються до виробничого циклу збирання врожаю сільськогосподарських культур. Маємо, у відповідності до табл. 1, $n = 4$ і $m = 4$.

Для симплексної таблиці кількість стовбців $k_{\text{с}}$ і рядків $k_{\text{р}}$ можна визначити за загальновідомими формулами, відповідно:

$$k_{\text{с}} = n + m + 6 = 4 + 4 + 6 = 14,$$
$$k_{\text{р}} = m + 1 = 4 + 1 = 5.$$

та набуде приведеної нижче форми:

Шапка	φ_j	c_j	x_j	x_1	x_2	x_3	x_4	x_6	x_7	x_8	x_9	b_i	z_i	μ_i
Матриця														
Цільова сторона														

Вихідні дані табл. 1 дозволяють заповнити фасети визначеної форми симплексної таблиці і тим самим отримати нульовий варіант плану (табл. 2):

1. В стовбець x_j вводимо види машин, які включаються в план. В нульовому варіанті це фіктивні машини x_6, x_7, x_8, x_9. Останній рядок цього стовбця – цільова і позначається літерою z_3 індексом варіанту плана, тобто z_0. Елементи стовбця x_j дають назву рядкам.

2. В стовбець c_j заносимо оцінки видів машин, що в стовбців x_j. Оцінка – загальна трудомісткість технічного сервісу однієї машини. Для фіктивних машин оцінки нульові, рядок z_0 стовбця c_j не заповнюється.

3. На перетині однойменних рядків і стовбців ставимо «1», інші елементи стовбця нульові. Маємо одиничну матрицю.

4. Стовбці реальних видів машин $(x_1, \dots, x_5)$ заповнюємо даними з таблиці 1. Рядок x_6 представляє техобслуговуючий вид робіт, x_7 – усунення відмов; x_8 – технічне діагностування; x_9 – зберігання; z_0 – загальна трудомісткість техсервісу однієї машини.

5. В стовбець b_i записуємо добові ресурси по кожному виду робіт, а в рядок z_0 – їх суму.

6. В нульовому варіанті елементи стовбців z_i і μ_i – нулі, а стовбець φ_j не заповнюється.

Таблиця 2.
Table 2.

Шапка		φ_j	c_j	x_j	x_1	x_2	x_3	x_4	x_6	x_7	x_8	x_9	b_i	z_i	μ_i
Матриця			0	x_6	38	22	16	31	*1*	0	0	0	48	0	0
			0	x_7	4	1	3	2	*0*	1	0	0	8	0	0
	0!		0	x_8	3	5	0	1	0	0	1	0	8	0	0
			0	x_9	5	2	1	6	*0*	0	0	1	9	0	0
Цільова сторона z_0					50	30	20	40	*0*	0	0	0	72	0	0

0! – нульовий варіант.

Таким чином, маємо заповнену симплексну таблицю нульового варіанту плану.

Основний результат аналізу симплексного методу полягає в тому, що елементи матриці стовбця b_i мають двояке значення. Вони показують:

- скільки машин, вид яких вказаний в стовбців x_j, можна піддавати техсервісу щодоби.
- скільки ресурсів кожного виду лишилось невикористаними.

Нульовий варіант це також план технічного сервісу машин. Щодоби потрібно піддавати техсервісу 48 машин x_6, і по 8 машин x_7, x_8, x_9. Машини x_6 не використали 48 люд.-годин ресурсів техосблуговування, x_7, x_8, x_9 – по 8 люд.-годин ресурсів, відповідно, усунення відмов, технічне діагностування, зберігання. В цілому виділені ресурси не використовувались. Такий план нас не є оптимальним, так як в рядку z_0 в стовбцях реальних видів машин (1, …, 5) стоять додатні елементи. Кожний такий елемент показує, на скільки збільшиться загальне використання ресурсів, якщо замість однієї фіктивної машини ввести в план одну реальну машину.

Для переходу від нульового варіанту до оптимального формуємо симплексну таблицю, де під однією шапкою має місце кілька форм матриці та цільового рядка (табл. 3):

1. Варіант 0 переносним з табл. 2.

2. Вид реальних машин вводимо в план в варіант 1. При цьому ставимо за обмеження, що необхідно використати як можна більше виділених фактичних ресурсів, тому в план вводимо той вид машин, трудомісткість техсервісу якого найбільша. Це x_1. Формально в новий план вводиться та змінна величина, у якої додатне значення в рядку z максимальне.

3. В варіанті 0 елементи стовбця b_i поділимо на відповідні елементи стовбця x_1, так як покращення плану відбувається шляхом заміни в стовбці одного виду машин іншим, а саме замість виду фіктивних машин вводимо реальну x_1. При цьому частка показує, скільки машин x_1 оптимально піддати техсервісу за добу виділеними ресурсами. Значення частки записуємо в стовбець φ_j, який показує, що за добу техобслуговуючий вид ресурсів дозволяє провести техсервіс 1,263 машини x_1, усунення відмов – 2,0, технічне діагностування – 2,667, зберігання – 1,6 машини x_1. Очевидно, що за добу більше ніж для 1,263 машини x_1 піддати техсервісу немодливо, так як не вистачить ресурсів техобслуговуючого виду. Формально з плану виводиться той вид машин. У якого значення φ_j – мінімальне. Заповнення фасет симплексної таблиці варіанту 1 почнемо з стовбця x_j, де замість x_6 поставимо x_1, а цільовий рядок матиме назву z_1. Біля змінної величини, яку вводимо. Ставимо стрілку вліво, а біля величини яку вводимо – вправо.

4. В стовбці c_j ставимо оцінки елементів стовбця x_j.

5. На перетині однойменних рядків і стовбців ставимо «1», інші елементи стовбця – нулі. Стовбець змінної величини, яку вивели з плану, не заповнюється. Елемент попереднього, а саме нульового. Варіанту, що вводиться, називається ключовим і береться подвійним закресленням. Це – ~~38~~.

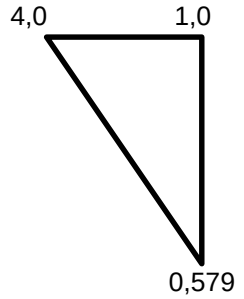
6. Для того, щоб співвідношення по витратах ресурсів між машинами не змінювалось, необхідно, елементи рядка x_6 в стовбцях реальних машин і стовбця b_i варіанта 0 поділити на ключовий елемент і частки записати у відповідні фасети введеного рядку, в даному разі рядки x_1, варіанту 1. При цьому необхідно звернути увагу на те, що кожний елемент матриці під реальними машинами показує, на скільки машин, вид яких вказаний в рядку, буде піддано техсервісу менше, якщо в план ввести одну машину, вид якої вказаний в стовбці. Наприклад, в варіанті 0, якщо замість машини x_6 ввести машину x_1, то машин x_6 треба піддати техсервісу на 38 одиниць менше.

Елемент 0,579 варіант 1 показує на скільки менше треба реально піддати техсервісу машин x_1, якщо в план ввести одну машину x_2, тобто звільняються ресурси, потрібні на ремонт 0,579 машини x_2. Це такі обсяги: технічне обслуговування – $0{,}579 \cdot 38 = 22{,}002$; усунення відмов – $0{,}579 \cdot 4 = 2{,}316$; технічне діагностування – $0{,}579 \cdot 3 = 1{,}737$; зберігання – $0{,}579 \cdot 5 = 2{,}895$.

Ресурси, що звільняються від зменшення кількості техсервісів машин x_1, можна використати де завгодно, в тому числі і на техсервіс x_2. Якщо кожна машина x_2 потребує з виділених ресурсів 1,0 люд.-годин робіт з

усунення відмов, а звільняється цих ресурсів 2,316 люд.-годин, то з виділених ресурсів необхідно додати різницю між 1,0 і 2,316, тобто $1{,}0 - 2{,}316 = -1{,}316$. Якщо різниця має від'ємне значення, то це означає, що ресурси збільшаться, якщо замість машини, вказаної в рядку, ввести машину, вказану в стовбці.

Такі визначення можна виконувати по правилу прямокутного трикутника. Нехай в варіанті 1 треба заповнити фасети стовбця x_2, в якому відомий лише один елемент 0,579. Треба визначити величину елемента, що знаходиться на перетині рядків x_7 і стовбців x_2.В варіанті 0 цей елемент 1. Вважаємо, що «1» – вершина прямого кута. Елемент 0,579 – вершина одного з гострих кутів. З вершини прямого кута проводимо горизонталь до перетину з елементом стовбця. Де знаходиться ключовий елемент. Це число «4» – вершина другого гострого кута трикутника. Маємо такий трикутник:



Шуканий елемент дорівнює різниці між значенням прямого кута і добутком значень гострих кутів. В варіанті 1 плану стовбець x_2 буде мати такі елементи:

рядок x_1 0,579
рядок x_7 1 – 0,579 4 = -1,316
рядок x_8 5 – 0,579 3 = 3,263
рядок x_9 2 – 0,579 5 = -0,895

Аналогічні обрахунки виконані для стовбців x_3 і x_4, а також для стовбця b_i. Тут і проявляється доцільність застосування симплексного методу. Оскільки елементи матриці стовбця b_i в рядках реальних видів машин вказують кількість реальних машин, які можна піддати техсервісу виділеним обсягом ресурсів при умові, що весь обсяг даного виду ресурсу буде використано. Так в варіанті 1 щодоби можна піддати техсервісу 1,263 машини x_1, при цьому весь обсяг техобслуговуючих ресурсів буде використано. Елементи матриці стовбця b_i в рядках фіктивних видів машин показують, скільки ресурсу даного виду залишилось після того, як піддали техсервісу 1,263 машини x_1. Так як ресурсу виду усунення відмов залишилось 2,947 лод.-годин, технічного діагностування – 4,211 люд.-годин, зберігання – 1,684 люд.-годин.

Елементи матриці стовбця z_i визначимо як добуток елементів стовбця c_j на відповідний елемент стовбця b_i. В рядку z_1 цього стовбця вказана сума елементів матриці. Таким чином. Використано ресурсів всіх видів 63,158 люд.-годин, а виділено – 72,0 ($z_0 \cdot b_i$). Ефективність використання ресурсів,

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{63{,}158}{72} = 0{,}877,$$

коли щодоби піддавати техсервісу 1,263 машини x_1.

Однак аналізуючи рядок z_1 можемо констатувати, що якщо в план ввести машини x_2, то машини x_3 і x_4 зменшать ефективність використання ресурсів, так як в рядку z_1 мають від'ємні елементи.

Описаний методичний процес переходу від одного варіанту плану до другого вкладається в ітерацію. Наступна ітерація полягає в переході від варіанту 1 до варіанту 2, який виявився оптимальним: всі елементи рядка z_2 під реальними машинами мають від'ємні значення. Ефективність використання ресурсів $\mu_{\text{ср}} = 0{,}896$, якщо щодоби піддавати техсервісу 0,516 машини x_1 і 1,291 машини x_2.

Стовбець μ_i симплексної таблиці дозволяє визначити в кожному варіанті, як використовується кожний вид ресурсу. Техобслуговуючий і техдіагностичний види ресурсу використані повністю:

$$0{,}516 \cdot 38 + 1{,}291 \cdot 22 = 48 \text{ люд.-годин;}$$

$$0{,}516 \cdot 3 + 1{,}291 \cdot 5 = 8 \text{ люд.-годин.}$$

Рядки x_7 і x_9 показують, скільки ресурсів (усунення відмов і зберігання) лишилось невикористаними. Ефективність їх використання можна визначити як відношення обсягу використаних $(8 - 4{,}645)$ і $(8 - 2{,}839)$ до виділених, 8 люд.-годин.

$$\mu_{\text{ув}} = \frac{8-4{,}645}{8} = 0{,}419, \quad \mu_{\text{з}} = \frac{8-2{,}839}{8} = 0{,}645.$$

Таким чином, оптимально будуть використовуватись ресурси, коли добова програма інженерної служби з техсервісу аграрного підприємства буде такою: $x_1 = 0{,}516$; $x_2 = 1{,}291$. Це означає, що машини видів x_1 і x_2 треба піддати техсервісу одночасно, тобто сполучення видів машин є оптимальне.

До параметрів процесу техсервісу машин в даному сполученні ми відносимо: мінімальний ритм техсервісу машин кожного виду, d_{jmin}; кількість виконавців основної професії (основна професія – вид ресурсу яким починається і закінчується процес техсервісу машини, тобто техобслуговуючий вид ресурсу), що виділяється на техсервіс машини даного виду, N_j; кількість виконаців, що виділяється на техсервіс однієї машини кожного виду, N_{1j}; тривалість циклу техсервісу однієї машини кожного виду, t_j; тривалість періоду техсервісу машин в даному сполученні, D_k; кількість машин кожного виду, що будуть піддані техсервісу в даному періоді, n_j^k.

Ритм техсервісу машин визначимо за формулою:

$$d_{jmin} = \frac{t_{\text{зм}}}{x_j}, \text{ годин } d_{1min} = \frac{8}{0{,}516} = 15{,}5, \text{ годин;}$$

$$d_{2min} = \frac{8}{1{,}291} = 6{,}2, \text{ годин}$$

При раціональному виробничому циклі кожен виконавець на протязі циклу техсервісу однієї машини повинен бути завантажений на ритм. Якщо обсяг техобслуговуючих робіт a_{1j}, то визначити кількість виконавців для техсервісу машин j-го виду, N_j можна визначити за формулою:

$$N_j = \frac{a_{1j}}{d_{jmin}}, \text{ чол. } N_1 = \frac{38{,}0}{15{,}5} = 2{,}45; N_2 = \frac{22{,}0}{6{,}2} = 3{,}55.$$

Приймаємо, $N_1 = 2$; $N_2 = 4$. Якщо кількість техосблуговуючих слюсарівзменшена, то ритм техсервісу повинен бути збільшений і навпаки. Тоді фактичний ритм техсервісу машин x_j буде:

$d_1 = \frac{8}{2} = 19 > d_{1min}$, годин; $d_2 = \frac{22}{4} = 5{,}5 < d_{2min}$, годин.

Зауважимо, що мінімальний ритм враховує всі види робіт тому ритм, визначений для техобслуговуючих робіт, не може бути меншим мінімального. При $d_j < d_{jmin}$ буде мати місце накладка робіт по інших видах, крім техобслуговуючого. Тому приймаємо такі ритми техсервісу машин: $d_1 = 19$ годин; $d_2 = 5{,}5$ годин.

Проведені нами дослідження показують, що на ремонт однієї машини трудомісткістю до 50 люд.-годин доцільно виділяти не більше 3 слюсарів.

Більша кількість слюсарів викликає значні міжопераційні простої і майже не скорочує тривалість циклу техсервісу машини. Нами також установлено, що ресурси на протязі циклу техсервісу машини розподіляються нерівномірно. Фігуру, яка показує характер розподілу ресурсів на протязі циклу техсервісу машини, ми називаємо геометричною моделлю циклу.

Існують пасивні і активні ділянки циклу. Пасивна це ділянка циклу, де всі операції виконуються послідовно і в процесі бере участь тільки один виконавець. Такі ділянки є на початку циклу, t_e^* (транспортування машини на місце техсервісу, зовнішнє очищення і миття) і в кінці циклу t_e^{**} (технічне обслуговування, усунення відмов, транспортування на місце зберігання).

Для основних видів машин $t_e^* = 1{,}0$ годин, $t_e^{**} = 2$ годин. Ділянка циклу без t_e^* і t_e^{**} називається активною. Якщо обсяг техобслуговуючих робіт по техсервісу даної машини поділити рівномірно між двома або трьома виконавцями, то форми геометричної моделі циклу будуть мати вид, як показано на рис. 3

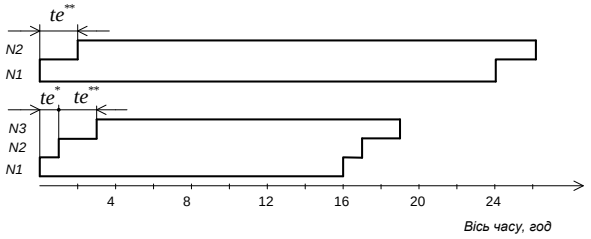


Рис. 3. Форми геометричної моделі циклу при $N = 2$ і $N = 3$. $T = 48$ люд.-годин.

Fig. 3. The shape of the geometric model of the cycle at N=2 and N=3. T=48 person-hours.

Нами також встановлено, що такі види техсервісу як усунення відмов, технічного діагностування і зберігання (всі крім техобслуговування) починаються через 0,25 тривалості циклу і тривають 0,5 тривалості циклу незалежно від кількості виконавців, виділених на техсервіс даної машини. Таким чином, тривалість циклу техсервісу машини для N виконавців визначається по формулах:

при $N = 2$ $t_2 = \frac{a_{1j}}{N} + t_e^{**}$;

при $N = 3$ $t_3 = \frac{a_{1j}}{N} + t_e^* + t_e^{**}$;

зваживши, що $a_{11} = 38$; $a_{12} = 22$, маємо $t_1 = \frac{38}{2} + 2 = 21$ година $t_2 = \frac{22}{2} + 2 = 13$ годин.

Тривалість періоду техсервісу машин кожного виду D_j ми пропонуємо визначати за такою формулою:

$$D_j = t_j + d_j(n_j - 1)$$

де n_j – кількість машин j-го виду на початок періоду, одиниць (маємо для наших виробничих умов $n_1 = 6$ і $n_2 = 8$.

$D_1 = 21 + 19(6 - 1) = 116$ годин;

$D_2 = 13 + 6{,}5(8 - 1) = 58{,}5$ годин;

Тривалість k-го періоду D_k буде мінімальне значення із всіх D_j. $D_I = 58{,}5$ год (к – порядковий номер періоду).

За час D_I будуть надані техсервісні послуги для всіх (8 одиниць) машин x_2 і частина машин x_1, n_1^I. Цю частину можна визначити за виразом $D_j = t_j + d_j(n_j - 1)$:

$$n_1^I = \frac{D_k - t_I}{d_I} + 1 = \frac{58{,}5 - 21}{19} + 1 = 2{,}97 \approx 3$$

одиниць машин.

Таким чином, для першого періоду визначено:

1. Оптимальне сполучення видів машин для одночасного їх техсервісу: 1 і 2.
2. Добові програми техсервісу машин кожного виду: x_1 і x_2.
3. Ритм програми техсервісу машин кожного виду: d_1 і d_2.
4. Оптимальна кількість основних виконавців, яких доцільно виділити на техсервіс машин кожного виду: $N_1' = 2$, $N_2' = 4$, та на техсервіс однієї машини кожного виду: $N_1 = 2$, $N_2 = 2$.
5. Тривалість циклу техсервісу однієї машини кожного виду: t_1 і t_2.
6. Мінімальна тривалість техсервісу машин в даному сполученні: D_I.
7. Кількість машин кожного виду, для яких буде застосовано техсервісні заходи за час D_I: n_1^I і n_2^I.

Аналітичні обчислення проводяться до тих пір, до поки всі машини будуть включені в план техсервісу (табл. 2).

Отже, (табл. 2), для включення всіх машин в план техсервісу необхідно проаналізувати п’ять періодів.

Загальна тривалість періодів складає 185,5 годин, але завдяки обґрунтованим формам геометричної моделі циклу і їх раціональному розміщенні на осі часу, загальну тривалість техсервісу всіх машин вдалося скоротити на 28 годин (185,5 – 157,5), як це графічно представлено на рис. 4.

Для контролю за ходом виконання техсервісних робіт обґрунтований план-графік можна синтезувати і накласти на реальний час з урахуванням неробочих днів (рис. 5).

Для оперативного управління ходом техсервісу обґрунтований план-графік можна деталізувати.

Для цього кожну форсу геометричної моделі циклу необхідно представити у вигляді технологічних операцій і розділити останні між відповідними виконавцями згідно оптимальної черговості операцій.

В цьому разі кожному виконавцеві буде встановлено, які операції і в якій послідовності він повинен виконувати на протязі всіх періодів.

Тобто до закінчення техсервісу всіх машин.

Таблиця 3.
Table 3.

Шапка		φ_j	c_j	x_j	x_1	x_2	x_3	x_4	x_6	x_7	x_8	x_9	b_i	z_i	μ_i
Перший період	Варіант 0	1,263	0	$\leftarrow x_6$	~~38~~	22	16	31	1	0	0	0	48	0	0
		2,0	0	x_7	4	1	3	2	0	1	0	0	8	0	0
		2,667	0	x_8	3	5	0	1	0	0	1	0	8	0	0
		1,6	0	x_9	5	2	1	6	0	0	0	1	9	0	0
				z_0	50	30	20	40	0	0	0	0	72	0	0
	Варіант 1	2,181	50	$\rightarrow x_1$	1	0,579	0,421	0,816		0	0	0	1,263	63,158	
			0	x_7	0	-1,316	1,316	-1,263		1	0	0	2,947	0	
		1,291	0	$\leftarrow x_8$	0	3,263	-1,263	-1,447		0	1	0	4,211	0	
			0	x_9	0	-0,895	-1,105	1,921		0	0	1	1,684	0	
				z_1	0	1,053	-1,053	-0,789		0	0	0		63,158	0,877
	Варіант 2		50	x_1	1	0	0,645	1,073		0	0	0	0,516	25,8	1,0
			0	x_7	0	0	0,807	-1,847		1	0	0	4,645	0	0,419
			30	$\rightarrow x_2$	0	1	-0,387	-0,443		0	1	0	1,291	38,716	1,0
			0	x_9	0	0	-1,451	1,524		0	0	1	2,839	0	0,645
				z_2	0	0	-0,645	-0,996		0	0	0		64,516	0,896

Таблиця 4. Результати визначення параметрів процесу техсервісу заданої кількості машин.
Table 4. The results of the determination of process parameters support a given number of machines.

№ періоду k	Тривалість періоду, D_k, годин	j	x_j	n_j^k	d_j	Чисельність виконавців, люд.		t_j	Залишилось машин на початок періоду за видами				
						N_j'	N_j		1	2	3	4	5
									6	8	12	4	10
I	59,0	1	0,516	3	19,0	2	2	21,0	3	0	12	4	10
		2	1,291	8	6,5	4	2	13,0	0	0	0	0	0
II	29,0	1	1,263	3	6,5	6	3	16,0	0	0	12	4	10
III	35,0	3	0,615	2	16,0	1	1	16,0	0	0	10	0	10
		4	1,230	4	6,5	5	2,5	16,0	0	0	0	0	0
IV	42,5	3	2,667	10	3,5	5	2,5	9,5	0	0	0	0	7
		5	0,444	3	12,0	1	1	12,0	0	0	0	0	0
V	20,0	5	4,000	7	2,0	6	2	8,0	0	0	0	0	0

Позначення: види машин, які підлягають техсервісу одночасно, j; програма техсервісу машин на добу, x_j, одиниць; програма техсервісу машин на період, n_j^k, одиниць;

- ритм технічного сервісу машин, d_j, годин; чисельність виконавців виділених на техсервіс машин даного виду, N_j', годин;
- чисельність виконавців виділених на техсервіс однієї машини, N_j, годин; тривалість циклу техсервісу однієї машини, t_j, годин.

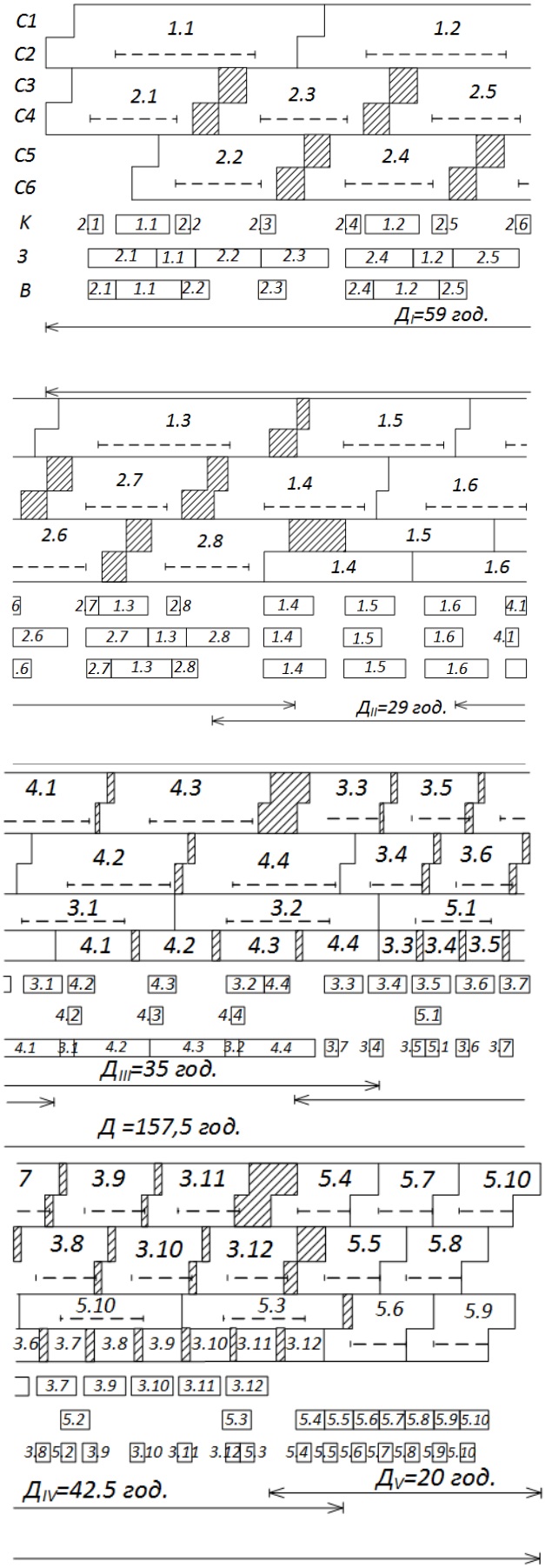


Рис. 4.
Fig. 4.

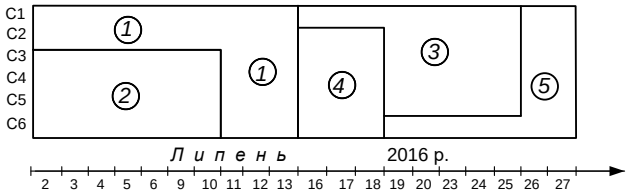


Рис. 5. Календарний план-графік.
Fig. 5. The calendar schedule.

Ефективність використання робочого часу виконавців і технологічного обладнання в кожному періоді вказана безпосередньо в оптимальному варіанті симплексної таблиці в стовбці μ_i.

Так, в періоді I техобслуговуючий (x_6) та техдіагностичний (x_8) види ресурсів використовуються на 100%, усунення відмов (x_7) на 41,9%, зберігання на 64,5%.

Це означає, що на протязі періоду I, $D_I = 7$ робочих днів слюсаря з усунення відмов можна довантажувати на 52%, а техніка із зберігання на 35%.

В цілому, ефективність використання робочого часу всіх основних виконавців в період I складає 89,6%.

Тобто, на техсервіс всіх машин потрібно 157,5:8=19,7 20 робочих днів, тобто кожний робочий день підлягають техсервісу в середньому 2 машини (всіх машин 40 (6+8+12+4+10)).

Загальна трудомісткість техобслуговуючих робіт складає $T_1 = \sum a_{ij} \cdot n_j = 38 \cdot 6 + 22 \cdot 8 + 16 \cdot 12 + 31 \cdot 4 + 12 \cdot 10 = 842$ люд.-годин; усунення відмов $T_2 = 76$ люд.-годин, техдіагностування $T_3 = 82$ люд.-годин, зберігання $T_4 = 92$ люд.-годин.

Потенційно можливий обсяг техсервісних робіт за видами наступний: технічне обслуговування $T_1' = D \cdot \sum N_1 = 157{,}5 \cdot 6 = 945$ люд.-годин, усунення відмов $T_2' = 157{,}5 \cdot 1 = 157{,}5$ люд.-годин, технічне діагностування $T_3' = 157{,}5 \cdot 1 = 157{,}5$ люд.-годин, зберігання $T_4' = 157{,}5 \cdot 1 = 157{,}5$ люд.-годин.

Ефективність використання робочого часу всіх основних виконавців визначається як відношення фактично виконаного обсягу $\sum T_i$ робіт до потенційно можливого, $\sum T_i'$.

$$\mu = \frac{\sum T_i}{\sum T_i'} = \frac{840 + 76 + 82 + 92}{945 + 157{,}5 + 157{,}5 + 157{,}5} = 0{,}769$$

В тому числі за видами робіт:

$$\mu_1 = \frac{840}{945} = 0{,}889,\ \mu_2 = \frac{76}{157{,}5} = 0{,}483,\ \mu_3 = \frac{82}{157{,}5} = 0{,}521,$$

$$\mu_4 = \frac{92}{157{,}5} = 0{,}584.$$

Ефективність використання комплексу обладнання складає:

$$\mu_0 = \frac{0{,}483 + 0{,}521 + 0{,}584}{3} = 0{,}529.$$

Висновок

Таким чином, ефективність використання слюсарів складає 89%, а спеціальних робітників можна довантажити на 48% і 42%.

Список літератури

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 1166-1172.

2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 2017, pp. 158-163.

3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 2018, pp. 79-84.

4. *Masek J., Novak P., Jasinskas A.* Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, pp. 1180-1185.

5. *Rogovskii I., Grubrin O.* Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. vol. 298, 2018, pp. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

6. *Viba J., Lavendelis E.* Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, pp. 95-98.

7. *Luo A.C.J., Guo Y.* Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.

8. *Astashev V., Krupenin V.* Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, pp. 108-113.

9. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 2018, pp. 64-74.

10. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, vol. 76, UNSP 04036.

11. *Novotny J.* Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15, pp. 16-20.

12. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 2016, pp. 407-441.

References

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 1166-1172.

2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 158-163.

3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 79-84.

4. *Masek J., Novak P., Jasinskas A.* (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 1180-1185.

5. *Rogovskii I., Grubrin O.* (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. vol. 298, 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.

6. *Viba J., Lavendelis E.* (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.

7. *Luo A.C.J., Guo Y.* (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag. 213.

8. *Astashev V., Krupenin V.* (2017). Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 24-26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 108-113.

9. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64-74.

10. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, vol. 76, UNSP 04036.

11. *Novotny J.* (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15, 16-20.

12. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 407-441.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

И. Л. Роговский

Аннотация. Установлено, что планирование и организация инженерной службы аграрных предприятий находится в запущенном состоянии. Необходимо срочное упорядочение инженерной службы аграрных предприятий путем создания комплексной системы восстановления работоспособности из обеспечения коэффициента готовности сельскохозяйственных машин с оснащением ее необходимыми техническими средствами и четкого распределения трудоемкости между исполнителями.

Ключевые слова: методология, коэффициент готовности, эффективность, сельскохозяйственная машина.

METHODOLOGICAL APPROACHES OF EFFICIENCY ENSURE AVAILABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY

I. L. Rogovskii

Abstract. It is established that the planning and organization of engineering service of agricultural enterprises is in the running state. It is urgently necessary to streamline the engineering service of agricultural enterprises through the creation of an integrated system of recovery from ensuring the availability of agricultural machines by equipping it with the necessary technical means and clear division of labor between the performers.

Key words: methodology, availability, efficiency, agricultural machine.

І. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.