

## ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЙОГО МАШИНОВИКОРИСТАННЯ

Тітова Людмила Леонідівна

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0001-7313-1253

I\_titova@nubip.edu.ua

*В статті сформульовані методичні засади підвищення ефективності технічного сервісу сільськогосподарської техніки підприємств АПК на базі її інформаційного забезпечення. Розроблена структура технічного сервісу районного рівня з урахуванням сучасних особливостей, перспектив розвитку та вимог до матеріально-технічного забезпечення, технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. На підставі проведених досліджень процесів руху та обробки внутрішньої інформації було визнано доцільним, за її відбору, використовувати метод комбінованого анкетного та вибіркового обстеження. Що ж до методики відбору зовнішньої інформації, то цьому випадку передбачається вести відбір за якісним складом інформації з допомогою експертних оцінок. Формування експертної групи проводилося за критерієм максимальної узгодженості думок її членів, за умови, що експерти, що залучаються, мають високий ступінь компетентності в предметній галузі.*

*В статті проведені дослідження виробничої діяльності підприємств технічного сервісу рекомендується використовувати локальні комп'ютерні мережі, що включають автоматизоване робоче місце фахівців, що дозволяє здійснювати оперативне керівництво всіма ланками технічного процесу з обслуговування та ремонту машин. На основі розроблених методик створено програмний продукт для швидкого пошуку необхідної та достатньої інформації фахівцю чи керівнику підприємства технічного сервісу. В результаті реалізації розроблених та впроваджених на підприємствах технічного сервісу вищезазначених заходів було отримано наступні практичні результати: трудомісткість при проведенні першого зменшилася в середньому на 7,8%, при другому на 8,2%, при сезонному на 9% та при поточному ремонті на 22%. Отримано закономірність залежності часу, що витрачається на технічне обслуговування та ремонт від повноти інформації показує, що чим повніше база даних, тим менше часу витрачається на прийняття рішень та проведення робіт. Таким чином, на підставі проведених досліджень у статті можна констатувати, що при переході сільгосппідприємств на стратегію обслуговування за станом машин – на основі безрозбірного діагностування і при використанні в технологіях технічного сервісу розробленої методики, трудомісткість усіх видів робіт може бути значно знижена, в середньому на 20-25%, а частота відмов складової частини може становити лише 1%.*

**Ключові слова:** амортизація, діагностування, технічний сервіс, сільськогосподарська машина

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.4.19>

**Постановка проблеми.** Основними завданнями, що стоять перед АПК України в даний час є: подолання спаду в агропромисловому виробництві, оснащення сільськогосподарства новою сучасною технікою (Gyansah & Ansah, 2020), відновлення та розвиток вітчизняного сільськогосподарського машинобудування. У разі невиконання цих завдань, знос основних виробничих потужностей підприємств стане незворотним (Nykyforchyn et al., 2019), оскільки раніше створений у галузі технічний потенціал практично витрачено (Kypris et al., 2016). Забезпеченість підприємств сільськогосподарською технікою знизилася на 40-60%. Зношування техніки досягло 75%. Темпи її щорічного вибуття у 3-4 рази випереджають темпи оновлення. За збереження такої тенденції через 3 роки виконувати механізовані роботи не буде чим (Kuzmich et al., 2021).

У зв'язку з цим необхідно провести структурні перетворення, що стосуються всіх підрозділів комплексу, від виробників до споживачів, у тому числі допоміжні галузі, такі як технічний сервіс і ринок уживаної техніки. Ключовою ланкою технічного сервісу є система технічного обслуговування і ремонту (ТОР), спрямовану підтримку техніки у працездатному стані, забезпечення високого ступеня технічної готовності машинно-тракторного парку

до виконання сільськогосподарських робіт, зниження частки наведених витрат у собівартості виробленої продукції (Rejovitzky & Altus, 2013).

На основі аналізу наукової літератури та накопичених фахівцями досліджень проведення ремонтно-технічних робіт на підприємствах сервісного та технічного обслуговування АПК (Rogovskii et al., 2021a), було зроблено висновок, що недостатня наявність, а іноді й повна відсутність необхідної інформації значно ускладнює (Sánchez-Hermosilla et al., 2011), а в деяких випадках унеможлиблює проведення якісного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. Крім того, було з'ясовано, що для пошуку та обробки вже наявної інформації витрачається значний час, причому в силу низки суб'єктивних ознак може бути спотвореною, не повною або надходити невчасно і не за адресою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізуючи стан машинно-тракторного парку Житомирської області можна відмітити, що останні 10 років машинно-тракторний парк зменшився на 50-60% (Rogovskii et al., 2021b). Близько 80% машин використовуються за межами амортизаційного терміну (Pisarenko et al., 2019). Готовність техніки знизилася до 40-75% через

збільшення віку та зниження напрацювання на відмову (Tyutrin, 2019).

Ці цифри свідчать про необхідність розробки цілого комплексу заходів з підтримки парку машин у працездатному стані, планування та проведення яких потребує чітко налагодженої інформаційної системи (Yezeqyan et al., 2020).

З іншого боку, останніми роками спостерігається тенденція зростання використання в сільськогосподарських підприємствах іноземної техніки (Rogovskii et al., 2021b). Так, в Житомирській області в 2021 р. використовувалися комбайни «Case» у кількості 16 штук. Велику допомогу в їхньому обслуговуванні та ремонті може надати система інформаційного забезпечення (Rogovskii, 2020).

Нині ведуться дослідження щодо підвищення технічного рівня наявних машин та ресурсів до рівня нових шляхом їх модернізації при ремонті та організації вторинного ринку уживаної техніки. На вирішення цих завдань спрямовані роботи (Voinalovych et al., 2019), пов'язані з утилізацією та поверненням у сферу використання вузлів та деталей списаної техніки (Nazarenko et al., 2021), а також роботи (Khamidullina et al., 2017) та з розробки нових технологій з відновлення та зміцнення деталей машин (Gurcanli et al., 2015).

Крім того, у Стратегії розвитку технічного сервісу АПК вироблено концепцію розвитку мережі машинно-тракторного парку як структури, що найбільше сприяє науково-технічному прогресу в аграрному секторі (Corinne & José, 2017).

Для успішної реалізації програми вдосконалення системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки необхідний новий підхід до її організації. Виробнича база технічного сервісу має зазнати змін на всіх рівнях. У зв'язку з цим було взято за мету, розробити нову форму організації технічного обслуговування та ремонту машин в АПК на основі створення дилерської служби.

Аналіз літературних джерел дозволив дійти невтішного висновку, що з організації сучасної системи технічного обслуговування та ремонту необхідно враховувати і звертатися до новітніх технологій і розробок у сферах, вивчення способів збирання, обробки, зберігання та передачі, інформаційного забезпечення процесів виробництва та управління (Shih-Heng et al., 2018).

У зв'язку з цим, запропоновано ввести до структури управління інженерною службою на сільськогосподарському підприємстві інформаційно-аналітичний відділ підприємства та включити до відділу головного інженера – спеціаліста з інформатизації, що дозволить керівникам та спеціалістам технічного сервісу оптимально та ефективно отримувати та переробляти весь необхідний об'єм даних у межах своєї діяльності підвищення результативності своєї роботи (Zou et al., 2017).

Створення необхідного інформаційного забезпечення можливе при використанні сучасних методів управління, що базуються на застосуванні електронно-обчислювальної техніки та економіко-математичних методів, сучасної організаційної техніки (Aven, 2016).

Комп'ютеризація виробничої та управлінської діяльності найефективніша при створенні автоматизованих

робочих місць (Erokhin et al., 2019). Тому мною пропонується один із варіантів створення мережі АРМ сільськогосподарського підприємства та мережі АРМ відділу управління сільським господарством на рівні обласного аграрного сектору (Najafi et al., 2015).

Висока ефективність використання автоматизованих робочих місць досягається при об'єднанні в єдину обчислювальну мережу. Функціонування таких обчислювальних мереж доцільно з урахуванням ієрархічної структури управління. На нижньому рівні, тобто на підприємствах та організаціях АПК встановлюються персональні комп'ютери, що мають локальний банк даних та підключаються до АПК районного рівня (Chen et al., 2020).

На районному рівні створюються автоматизовані робочі місця керівника районного формування, спеціалістів окремих служб (відділів), які об'єднані в єдину систему. Районна мережа АРМ повинна мати вихід на найвищий рівень управління (Hrynkiv et al., 2020).

З метою розробки необхідного та достатнього інформаційного забезпечення, що істотно впливає на вдосконалення технічного сервісу, було проведено огляд руху інформаційних потоків підприємства технічного сервісу (Nazarenko et al., 2020).

Таким чином, на основі проведеного аналізу стану технічного сервісу ставиться завдання роботи – розробка питань організації технічного сервісу на основі більш досконалого інформаційного забезпечення.

**Метою досліджень** є дослідження технологічних процесів та вдосконалення організації технічного сервісу на підприємствах АПК з використанням сучасних інформаційних технологій.

**Результати досліджень.** Об'єктом дослідження є система технічного обслуговування та ремонту, а також документальний інформаційний потік, який впливає на вдосконалення системи технічного сервісу. Для розробки загального методологічного підходу до вирішення питань вдосконалення організації технічного сервісу було застосовано системний підхід. З погляду системного підходу підприємство технічного сервісу АПК, розглядається як відносно відокремлена структура, що складається з різних елементів, які взаємодіють між собою та з навколишнім (зовнішнім) середовищем.

Враховуючи сучасні особливості, перспективи розвитку та вимоги до технічного обслуговування та ремонту було запропоновано організаційну структуру технічного сервісу на рівні району, представлену на рисунку 1.

Дослідження процесу управління технічним станом машини дозволило нам визначити роль та необхідність використання інформації для ухвалення рішення. В результаті запропоновано запровадити на всіх етапах використання інформаційних технологій, зокрема використання баз даних та баз знань спеціалістів.

У процесі вдосконалення системи технічного сервісу було обрано систему планово-попереджувального обслуговування та ремонту, що є структурою взаємозалежних підсистем.

Дослідження технологічного процесу та принципів організації системи технічного обслуговування та ремонту дозволили зробити висновок, що, як і в будь-

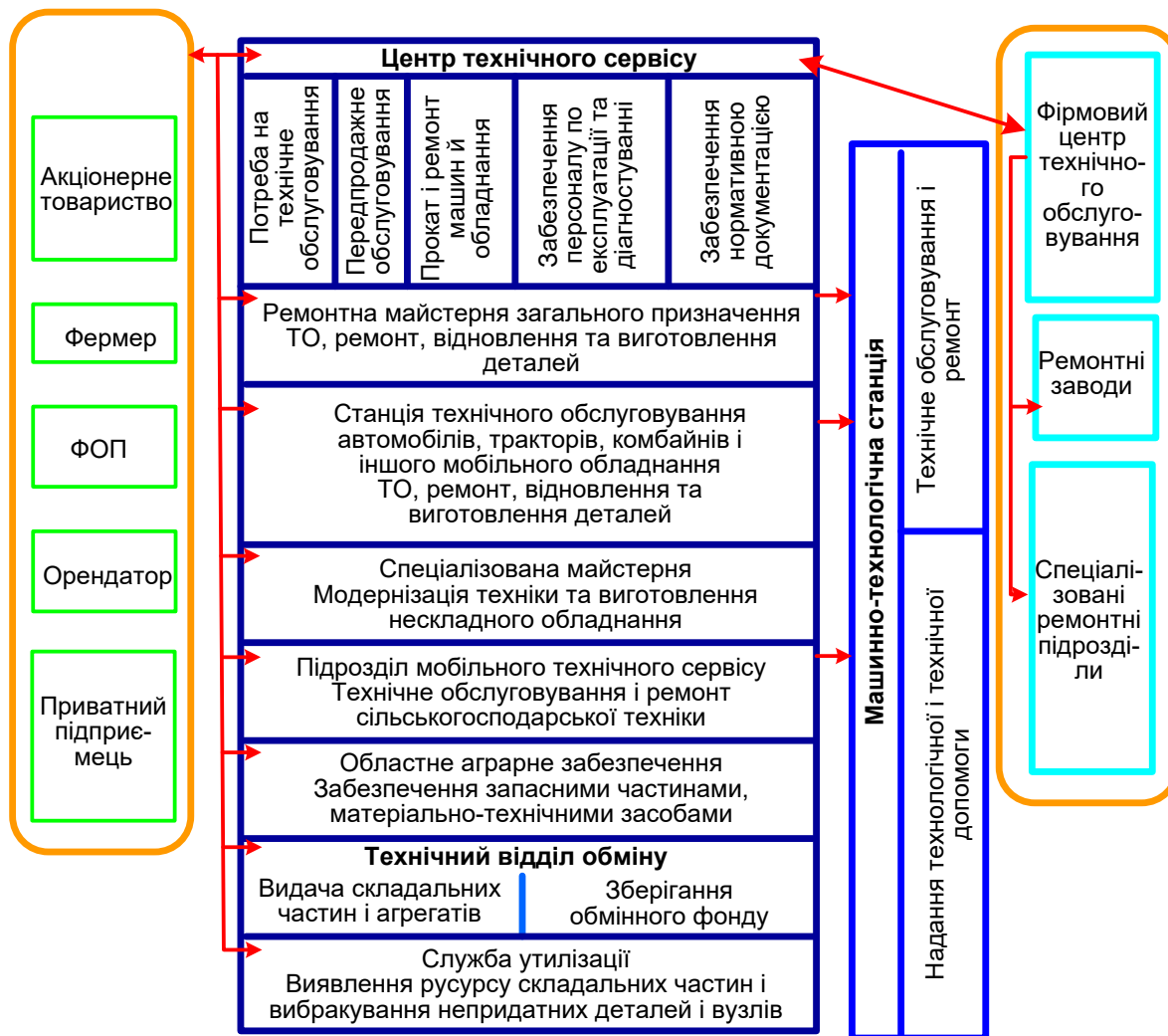


Рис. 1. Організаційна структура технічного сервісу

якій іншій виробничій системі, у системі ТОР можна виділити власне діяльність, що є ремонтно-обслуговуючим впливом та управлінням, та підсистемою інформаційного забезпечення.

Експериментальні дослідження показали, що частка інформаційного забезпечення у всьому ремонтно-обслуговуючому впливі становить близько 15%, а частка інформаційного забезпечення у процесі ухвалення рішення становить не менше 80%.

За рахунок раціонального використання інформаційних потоків можна скоротити час ремонтно-обслуговуючого впливу та процесу прийняття рішення в середньому на 20-25%, та підвищити якість техніки, що експлуатується.

Сукупність взаємодії цих підсистем з урахуванням інформаційного забезпечення дозволяє у результаті підвищити ефективність використання машин і їх надійності. З цією метою було виділено підсистему завдань технічного сервісу, представлена на рисунку 2, вирішення яких істотно впливаєє розроблене інформаційне забезпечення.

Оскільки ТО та ремонт машин – одна з основних складових загальної структури технічного сервісу, то в роботі

основний акцент був зроблений на впровадження інформаційного забезпечення у систему технічного обслуговування та ремонту техніки.

Комплексна система технічного обслуговування та ремонту машин у сільському господарстві максимально орієнтована на стратегію проведення ремонтно-обслуговуючих впливів за станом, з періодичним чи безперервним контролем (діагностуванням) –  $S_3$ , що є найефективнішою. Використання цієї стратегії із застосуванням безрозбірного діагностування сприятиме збільшенню середнього ресурсу до ремонту, усунення незапланованих відмов та вторинних поломок, скорочення обсягу запасних частин, зменшення тривалості ремонтів, підвищення безпеки працюючих та продуктивності виробничих процесів.

Стратегія  $S_3$  – за результатами діагностування вузлів і з'єднань вимагає впровадження сучасних інформаційних технологій на всіх рівнях виробництва, починаючи з бортової електроніки машини та закінчуючи інформаційною системою, що охоплює всі структури АПК.

Проведений аналіз інформаційного середовища підприємств агропромислового комплексу, структури потоків інформації, виявлених вимог до формування та руху інформації дозволив у укрупненому вигляді скласти кла-

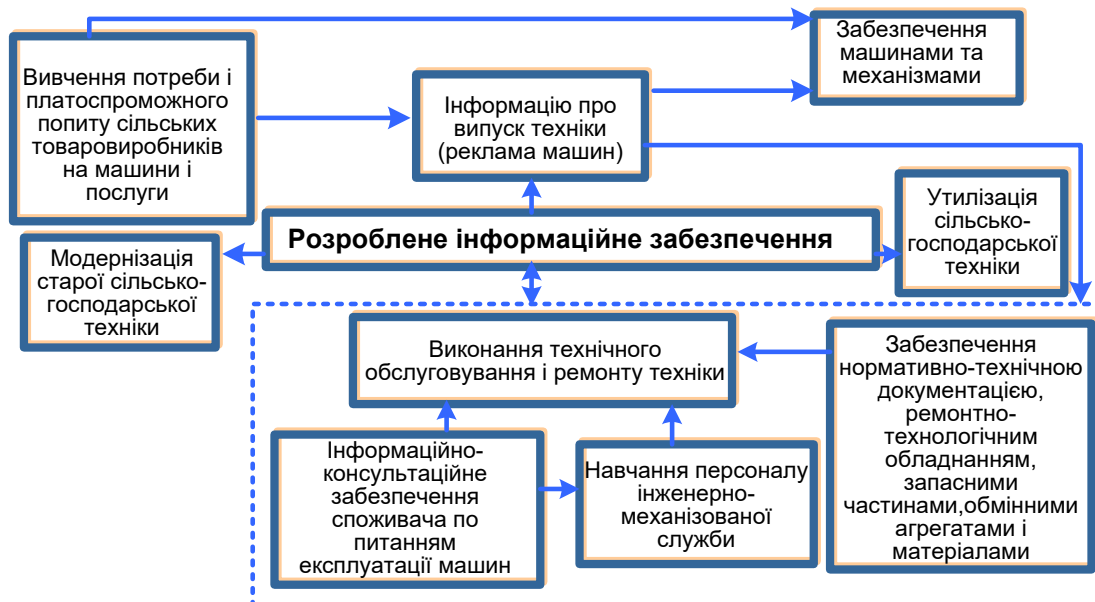


Рис. 2. Взаємозв'язок інформаційного забезпечення та завдань технічного сервісу

сифікацію інформаційних потоків підприємства технічного обслуговування.

Виходячи із сформульованих основних вимог до організації інформаційних потоків на підприємстві, та з урахуванням класифікації потоків інформації, нами було розроблено схему формування та руху інформаційних потоків підприємства сервісного та технічного обслуговування техніки АПК, представлену на рисунку 3.

Методи та моделі досліджень та аналізу внутрішніх інформаційних потоків досить розроблені та висвітлені в літературі, водночас практично нерозробленим є методичне забезпечення з дослідження та відбору зовнішніх документальних інформаційних потоків.

Тому було розроблено кілька методик підвищення якості інформаційного забезпечення, що надає значний вплив на вдосконалення системи технічного сервісу.

На підставі проведених досліджень процесів руху та обробки внутрішньої інформації було визнано доцільним, за її відбору, використовувати метод комбінованого анкетного та вибіркового обстеження. Що ж до методики відбору зовнішньої інформації, то цьому випадку передбачається вести відбір за якісним складом інформації з допомогою експертних оцінок. З цією метою було розроблено методику оцінки та відбору експертів при побудові БД у галузі експлуатації, обслуговування та ремонту сільськогосподарських машин АПК. Формування експертної групи проводилося за критерієм максимальної узгодженості думок її членів, за умови, що експерти, що залучаються, мають високий ступінь компетентності в предметній галузі.

З цією метою спочатку відібраній групі з експертів було запропоновано всі чинники, що впливають на підвищення рівня технічного сервісу, розподілити за їх значимістю в порядку зростання. Для цих цілей було застосовано метод парних порівнянь, при використанні якого експерти незалежно порівнюють один з одним по чергово  $M_n$  факторів.

За результатами парних порівнянь будуються таблиці порівнянь, кожен елемент яких дорівнює одиниці, якщо фактор  $f_j$  є більш важливим, чим  $f_i$  і нулю – інакше. Підсумовування стовпцями елементів у кожній таблиці дає можливість ранжування факторів у порядку зменшення (зростання) сум.

Дані таблиць від  $N$  експертів для кожної задачі зводяться в таблиці, число яких визначається числом розв'язуваних завдань. У кожному осередку знаходиться деяке число  $g_{ij}$ , що дорівнює кількості переваг  $i$ -го фактора  $j$ -му, отриманих від усіх експертів.

Якщо підсумувати по стовпцях величини  $g_{ij}$  з наступним розподілом на кількість експертів, то отримуємо величину, яка відображає середнє ранжування факторів  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , що служить показником узагальненої думки експертів щодо важливості аналізованих факторів:

$$G = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n g_{ij}, \quad j = \overline{1, f} \quad (1)$$

Оцінка погоджених думок експертів при вирішенні питання щодо підбору і внесення джерела інформації в утворюючу БД проводилась на основі обрахунку коефіцієнтів взаємної парної рангової кореляції  $\hat{A}_k$  відношень  $i$ -го та  $j$ -го експертів до запропонованих факторів.

За середнім значенням коефіцієнтів парної рангової кореляції утвориться матриця коефіцієнтів парної рангової кореляції  $\theta = |\rho_{ij}|$ , і по ній знаходимо вектор  $Y = \{y_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  такий, що якщо булева змінна  $y_i = 1$  то  $i$ -й експерт залучається до побудови БД, і якщо,  $y_i = 0$ , то не залучається.

Математична постановка задачі вибору експертів для формування БД, системи, що розробляється, за технічними ресурсами сільськогосподарської техніки зводиться до знаходження вектора  $Y = \{y_i\}$ , такого, що:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n y_i \rho_{ij} y_j \rightarrow \max$$

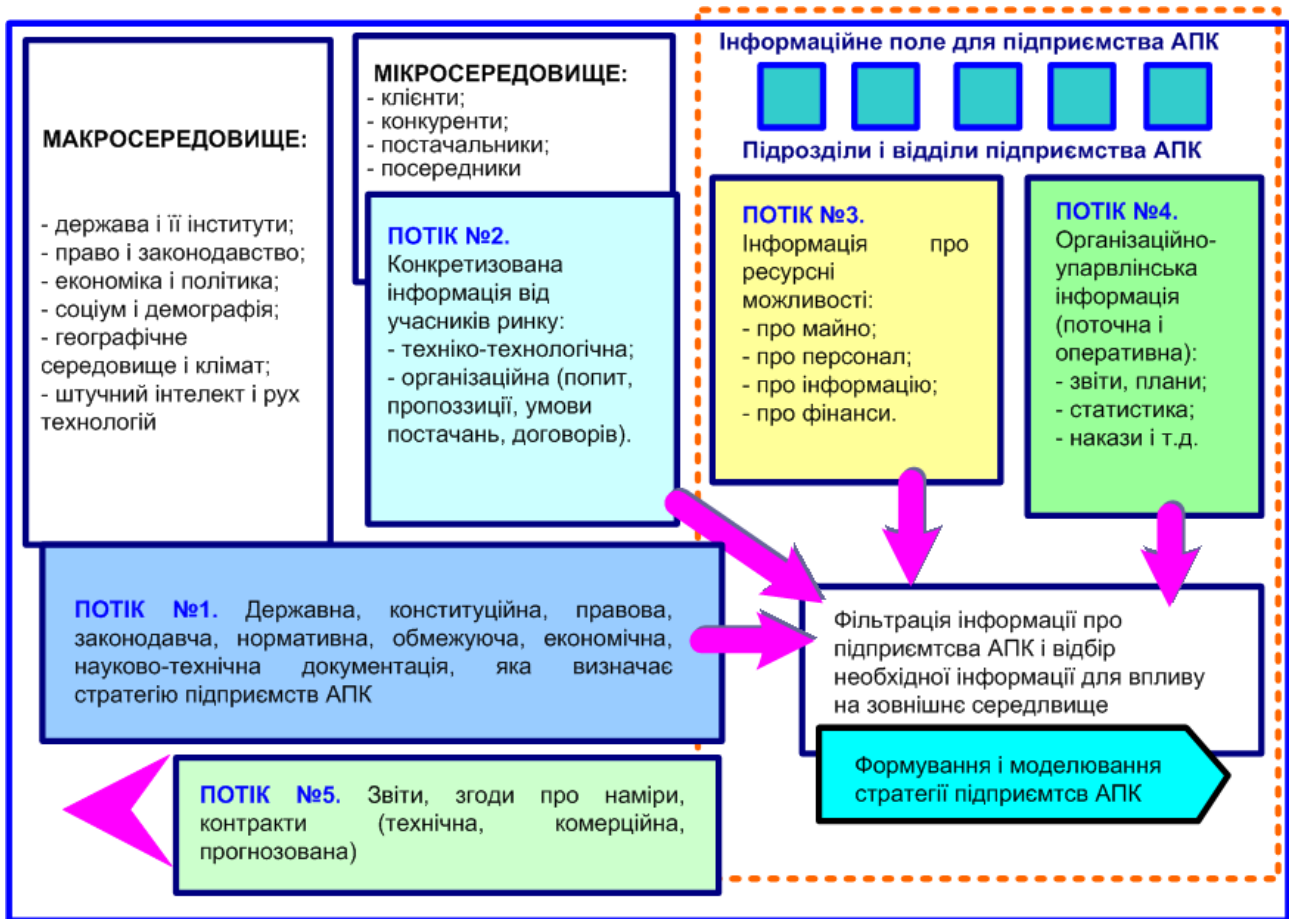


Рис. 3. Схема формування і руху інформаційних потоків підприємств технічного сервісу

при умові, що:

$$y_i \cdot \rho_{ij} \cdot y_j > 0; N \geq \sum_{i=1}^n y_i \geq 2; y_i \in (1,0); -1 \leq \rho \leq 1$$

Була розроблена методика оцінки і відбору інформації при побудові БД. Набір показників якості інформації, за яким проводили відбір джерел інформації (ДІ) був представлений деякою множиною  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_h\}, (h = \overline{1, h})$ , при чому було визначено, що найбільш повно можна оцінити інформацію, використовуючи такі показники якості як точність, достовірність і повнота.

Для найбільш повного представлення відношення «експерт – ДІ» скористаємось дводольним графом Кенінга:

$$G(K) = (E, X, V),$$

де  $E$  і  $X$  – множина вершин графа  $G(K)$ ;

$V$  – множина ребер, які встановлюють взаємно однозначне співвідношення між вершинами із множини  $E$  і множини  $X$ .

При подальшому розгляді вважається, що множині  $E$  буде відповідати кількість залучених експертів  $N$ ; множині  $X$  – кількість, представлених на розгляд джерел інформації  $h$ , а множина  $V$  буде представляти деяку оціночну функцію  $F = F(f_{ij})$ , яка визначатиме сте-

пів відношення експертів до розглядуваного джерела інформації. Величина  $f_{ij}$  характеризує, як експерт оцінює аналізуюче джерело інформації за конкретним показником якості. Було прийнято, що  $f_i = 2$ , якщо  $i$ -й експерт згоден із включенням  $j$ -го джерела інформації в утворюючу базу даних і  $f_{ij} = 0$ , якщо  $i$ -й експерт вважає недоречним включення  $j$ -го джерела інформації в БД.

Граф Кеніга  $G(K)$  був представлений матрицею інцидентності  $I(K) = f_{ij}$ , кожен елемент якої показує ступінь ставлення  $i$ -го експерта до  $j$ -го джерела інформації за кожним критерієм.

Використовуючи елементи матриці  $I(K)$  можна отримати усереднену оцінку всіма експертами конкретного джерела інформації ( $V_{cp}^0$ ) за цим критерієм:

$$V_{cp}^0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n f_{ij}, j = \overline{1, h}$$

Для об'єктивної оцінки інформації запропоновано ввести інтегральний коефіцієнт якості, який враховує всі показники якості, що використовуються експертами. Інтегральний коефіцієнт якості має вигляд, де  $L$  – кількість задіяних критеріїв якості (шт.):

$$K_{вдб} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^j V_{cp}^0$$

де  $V_{срj}^0$  – усереднений показник якості оцінки експертами  $j$ -го джерела інформації при використанні  $i$ -го критерію.

Рекомендується відбирати ДІ, для яких виконується умова:

$$1 \leq K_{відб} \leq 2$$

Таким чином, інтегральний коефіцієнт якості дозволяє експертам оцінювати і включати до бази даних ДІ, що формується; використовуючи при цьому безліч якісних показників, які, на їхню думку, є важливими на даний момент часу.

Оскільки завдання планування, особливо стратегічного, а також завдання навчання фахівців діагностів, придбання засобів ремонту та діагностування, якісних запасних частин, вимагають обробки великих масивів інформації, і вони слабо структуровані та використовують, як правило, інформацію про довкілля, то при їх вирішенні пропонується використовувати бази даних, сформовані з урахуванням знань експертів.

Для пошуку інформації пропонується використовувати розроблену нами модель користувача, яку можна представити як безліч понять з ваговими коефіцієнтами, що визначають значимість понять для користувача в такому вигляді:

$$M = P, G,$$

де  $P$  – безліч понять використовуваних фахівцями з технічного сервісу;

$G$  – безліч значень, що визначають важливість понять спеціаліста.

Тут величини  $P, G$  визначаються розробником системи залежно від вимог, що пред'являються.

З метою визначення шуканого документа для користувача, у системі пошуку інформації використовуватимемо критеріально-екстремізаційні механізми вибору. При цьому кожному документу поставимо у відповідність аналітичну величину  $F_m(D_k)$ , яку назовемо критеріальною оцінкою значущості документа та визначається виразом:

$$F_m(D_k) = \sum_{j=1}^1 \alpha_j g_j \sum_{i=1}^1 \alpha_i g_i \mu_m(P_i, P_j)$$

де  $j, i$  – кількість понять належать моделі користувача та документу  $D_k$  відповідно;

$g_j$  – значення поняття у моделі користувача;

$g_i$  – значення (близькість) поняття до документа;

$\mu_m(P_i, P_j)$  – величина, яка визначає ступінь близькості  $i$ -го поняття  $j$ -му.

Як правило, модель реальної предметної області є нерівномірно розподілені у просторі документи. У зв'язку з цим необхідно згрупувати документи, що розглядаються, як за тематикою, так і за ступенем їх важливості, тим більше що завдання групування документів є однією з найважливіших при пошуку документів.

Загалом алгоритм виділення до груп у просторі семантичної мережі інформаційно-документальної бази знань можна представити як наступну послідовність дій:

а) у просторі семантичної мережі моделі предметної області виділяються до документів, яким присвоюються відповідні показники;

б) для створення попередніх груп документів близьких до виділення ним, для кожного документа визначається значення оціночної функції  $F_m(D_k)$ ;

в) документи, які мають значення оціночної функції  $F_m(D_k)$  максимальне, будуть центрами кожної освіченої групи;

г) показники у кожній групі переміщуються на центральний документ;

д) якщо відбулася зміна показників, то повертаємось до пункту б, інакше розбиття на групи завершено.

Наведений алгоритм дає уявлення про розподіл документів за тематичними групами та за ступенем їхньої значущості в кожній групі.

Наведений алгоритм дає уявлення про розподіл документів за тематичними групами та за ступенем їхньої значущості в кожній групі.

Користувачеві видаватимуться документи цільова функція яких лежить у діапазоні  $F_m(D_k)_{\min} \leq F_m(D_k) \leq F_m(D_k)_{\max}$ , (наприклад, окремі розділи інструкції з експлуатації конкретної марки трактора).

Розглянута вище методика розподілу документів базувалася у тому, що було відомо кількість груп, якими вони розподіляються. Для початкового визначення кількості груп необхідно визначити відхилення документа, що розглядається, від центрального в групі.

Як характеристику відхилення документа пропонується використовувати середню суму квадратів відхилень від опорного документа, що є центром групи:

$$Q_d = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^1 \left[ \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k-1} (F_m(D_k) - I)^2 \right]$$

де  $Q_d$  – середнє відхилення документів у групах;

$K$  – кількість створених груп у моделі предметної області;

$N_k$  – кількість документів в  $k$ -й групі;

$F_m(D_k)$  – нормалізована оціночна функція близькості документів.

$$F_m(D_k) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \alpha_j g_j \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \alpha_i g_i \mu_m(P_j, P_i)$$

де  $m$  – кількість понять в опорному документі групи;

$L$  – кількість понять у розглянутому документі.

В якості характеристики відхилення групи використовується середня сума квадратів відхилень від опорної групи, яка є центром груп моделі предметної області:

$$Q_r = \frac{1}{J} \sum_{i=1}^{j-1} (F_m(\Gamma_i) - 1)^2,$$

де  $Q_r$  – середнє відхилення груп у моделі предметної області;

$J$  – кількість утворених груп;

$F_m(\Gamma_i)$  – нормалізована оціночна функція близькості груп.

$$F_m(\Gamma_i) = \frac{1}{M_r} \sum_{j=1}^{M_r} \bar{g}_j \alpha_j \frac{1}{L_r} \sum_{i=1}^{L_r} \alpha_i \bar{g}_i \mu_m(P_j, P_i)$$

де  $M_r$  – кількість понять у центральній (опорній) групі;  
 $L_r$  – кількість понять у групі  $\Gamma_k$ ;  
 $\bar{g}_j$  – середня значимість  $j$ -го поняття у центральній групі  $\Gamma_k$ ;  
 $\bar{g}_i$  – середня значимість  $i$ -го поняття у групі  $\Gamma_k$ ;  
Середня значимість поняття для групи  $\bar{g}$  знаходимо наступним чином:

$$\bar{g}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{D_i}(P_j, P_i)$$

де  $N$  – кількість документів у групі включають  $j$  е поняття.

Тут слід зазначити, що значення середнього відхилення документів у групах при кількості груп дорівнює кількості документів, що дорівнює нулю. Для значень середнього відхилення кожної з показників формуються граничні умови.

Якщо зробити графічну інтерпретацію величин  $Q_D$  і  $Q_r$ , то точка їх перетину і відповідатиме початковій кількості груп.

Після визначення початкової кількості груп проводиться початкова вибірка документів по кожній групі, і вони надаються на вибір користувачеві. В результаті остаточного вибору користувача визначається належність вибраного документа групі і використовується оцінна функція для вибору документів з групи.

Визначення значущості вибраного документа впливає на зміну моделі користувача. Задовільна відповідь збільшує значущість (близькість) понять, що належать вибраному документу. Зміна значущості проводиться за такою формулою:

$$W_i = \frac{1}{2} (W_i + \alpha \mu_D(I, P_i)),$$

де  $W_i$  – значимість (близькість)  $i$ -го поняття для користувача;

$\mu_D(I, P_i)$  – близькість поняття до вибраного документа;

$\alpha$  – коефіцієнт, який вибирається у залежності від відповіді користувача на вибраний документ.

Таким чином зміна моделі користувача в процесі роботи з системою пошуку інформації, використовуючи критеріально-екстремізаційні механізми вибору та групування документів дозволить вибрати з інформаційно-документальної бази знань безліч найбільш релевантних документів.

З цієї метою були розглянуто питання, пов'язані з проектуванням БД, розроблено структуру БД, розроблено алгоритм роботи підсистем збору, зберігання та обробки текстової інформації, а також алгоритм операції додаванням гіперпосилання, дана характеристика програми.

При використанні регламентованої стратегії види та обсяги робіт на ТО регламентуються жорстко і, отже, інформаційне забезпечення незначно впливає на швидкість виконання цих видів обслуговування. Результати експериментальних досліджень, проведених у агрофірмах Житомирської області.

З результатів видно, що трудомісткість комбайна 1 зменшилася у середньому на 7,8%; комбайн 2 на 8,2% та комбайн 3 на 9%. На нашу думку та думку фахівців, при переході на стратегію  $S_3$  трудомісткість зменшиться в середньому на 15%.

В даний час у агрофірмах Житомирської області, де проводилися експериментальні дослідження, спостереження за технічним станом машин здійснюється переважно за допомогою органолептичних методів діагностування. При використанні інструментальних методів контролю на основі безрозбірного діагностування можна буде ще більше знизити трудомісткість проведення поточного ремонту, оскільки дані методи контролю вимагають більш досконалої організації та обробки інформаційних потоків. Крім того, запропоновані у статті методики можуть бути застосовані при навчанні фахівців діагностів, що також вплине на якість і швидкість проведення ремонтних робіт.

Проведені експерименти дозволили отримати наступні результати щодо поточного ремонту (включаючи не планові ремонти та плановий за результатами діагностування) для трьох різних видів зернозбиральних

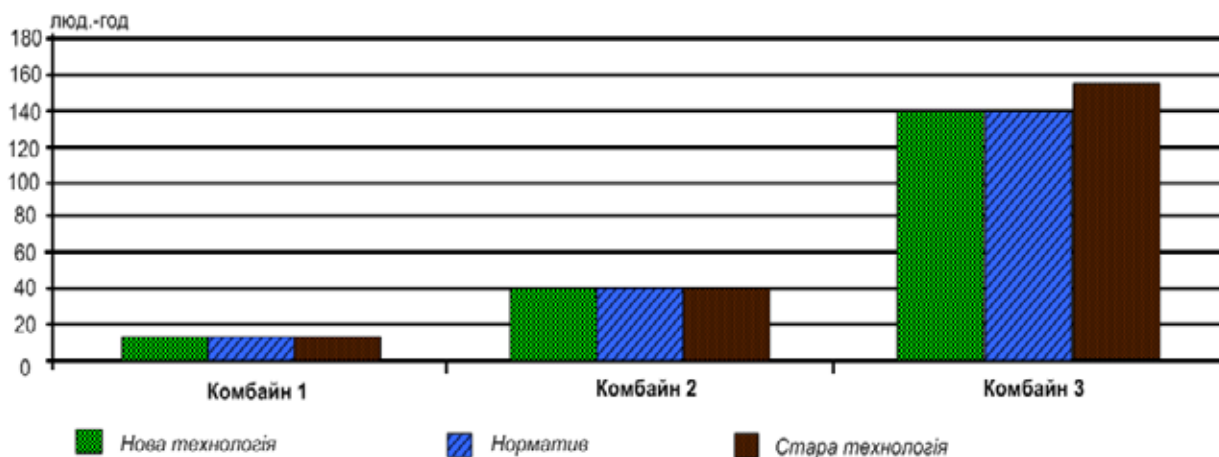


Рис. 4. Порівняння трудомісткостей технічного контролю зернозбиральних комбайнів

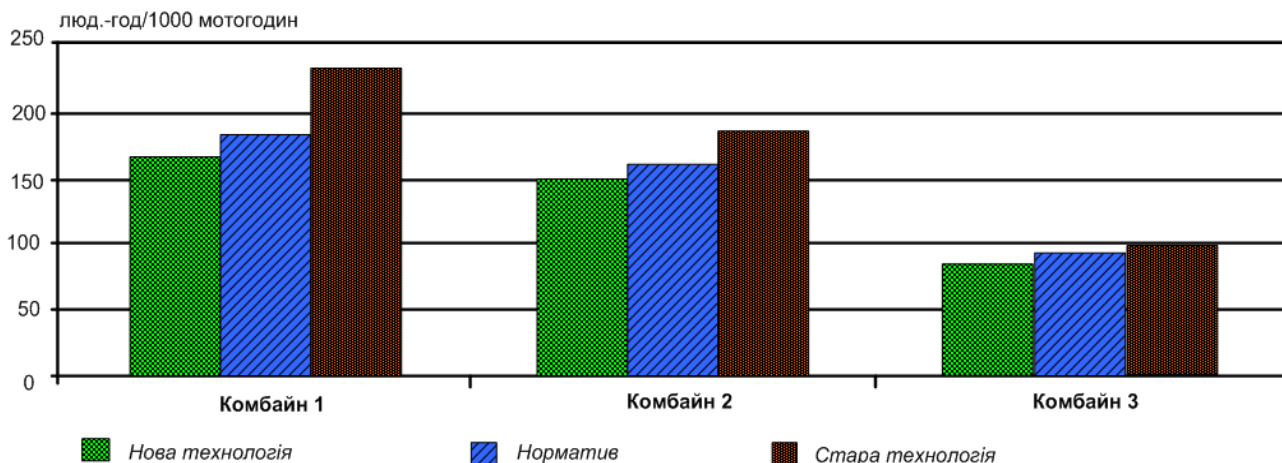


Рис. 5. Порівняння технологій при проведенні технічного контролю зернозбиральних комбайнів

комбайнів, які представлені у вигляді порівняльних діаграм рисунку 5.

**Обговорення.** За результатами досліджень очевидно, що трудомісткість при технічному контролі знизилася в середньому на 22%. Це пояснюється тим, що в створеній БД зібрана інформація про постачальників якісних запасних частин та мастильних матеріалів (Zubko et al., 2022), використання яких призводить до збільшення безвідмовної роботи машини (Xi & Songlin, 2019), що спільно з підвищенням якості діагностування дозволило скоротити кількість непланових поточних ремонтів і тим самим досягти зниження трудомісткості нижче за нормативну (Nadtochiy & Titova, 2018).

Враховуючи той факт, що на якість та швидкість прийняття рішень велике значення має повнота бази даних, була встановлена залежність повноти БД від запізнення обробки та введення інформації (Rogovskii et al., 2019).

На підставі отриманої залежності та з огляду на думку фахівців, було виведено залежність частоти відмов складової частини від повноти інформації, а отримані експериментальні дані підтвердили припущення (Xi & Songlin, 2019). На даний час частота відмов складової частини знизилася з дев'яти відсотків до чотирьох.

**Висновки.** Організація та вдосконалення сучасного технічного сервісу неможливі без впровадження новіт-

ніх технологій та розробок, що дозволяють забезпечити збирання, обробку, зберігання, передачу інформації, а також інформаційного забезпечення процесів з метою покращення управління та рішення виробничих завдань.

Для оперативного управління та отримання достовірної та необхідної інформації запропоновано ввести до структури інженерної служби на сільськогосподарському підприємстві інформаційно-аналітичний відділ, а до відділу головного інженера – спеціаліста з інформатизації до функцій якого входили б заходи щодо збирання, зберігання, обробки та надання необхідної фахівцям інформації про стан сільгосптехніки, машин та обладнання.

На основі використання системного підходу щодо організації технічного сервісу та з метою узгодження роботи ланок системи рекомендується використовувати розроблене інформаційне забезпечення всіма ланками системи.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна констатувати, що при переході сільгосп підприємств на стратегію обслуговування за станом машин – С<sub>3</sub> на основі безрозбірного діагностування і при використанні в технологіях техсервісу розроблених нами методик, трудомісткість усіх видів робіт може бути значно знижена, в середньому на 20-25%, а частота відмов складової частини може становити лише 1%.

#### Бібліографічні посилання:

1. Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1): 1–13.
2. Chen, Y., Mao, E., Li, W., & Chen, J. (2020). Design and experiment of a high-clearance self-propelled sprayer chassis. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(2): 71–80.
3. Corinne, B., & José, R. (2017). Estimating the Hurst parameter. *Statistical Inference for Stochastic Processes*. Springer Verlag, 10(1): 49–73.
4. Erokhin, M., Pastukhov, A., & Kazantsev, S. (2019). Operability assessment of drive shafts of John Deere tractors in operational parameters. *Engineering for Rural Development*, 18: 28–33.
5. Gurcanli, E., Bilir, S., & Sevim, M. (2015). Activity based risk assessment and safety cost estimation for residential building construction projects. *Safety Science*, 80: 1–12.
6. Gyansah, L., & Ansa, A. (2020). Fatigue crack initiation analysis in 1060 steel. *Research journal of applied sciences engineering and technology*, 4(2): 319–325.
7. Hrynkiv, A., Rogovskii, I., Aulin, V., Lysenko, S., Titova, L., Zagurskiy, O., & Kolosok, I. (2020). Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (5(105)): 19–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206073>.



8. Khamidullina, E. A., Timofeeva, S. S., & Smirnov, G. I. (2017). Accidents in coal mining from perspective of risk theory. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 262: 012210.
9. Kuzmich, I. M., Rogovskii, I. L., Titova, L. L., & Nadochiy, O. V. (2021). Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 677: 052002. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.
10. Kypris, O., Nlebedim, I., & Jiles, D. (2016). Measuring stress variation with depth using Barkhausen signal. Journal of Magnetism and Magnetic Materials – Science Direct, 407: 377–395.
11. Nadochiy, O. & Titova, L. (2018). Simulation of agricultural processes. TEKA, 18(2): 39–49.
12. Najafi, P., Asoodar, M., Marzban, A., & Hormozi, M. (2015). Reliability analysis of agricultural machinery: A case study of sugarcane chopper harvester. AgricEngInt: CIGR Journal March, 17(1)1: 158–165.
13. Nazarenko, I., Dedov, O., Beryk, I., Rogovskii, I., Bondarenko, A., Zapryvoda, A., & Titova, L. (2020). Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (7(108)): 71–79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>.
14. Nazarenko, I., Mishchuk, Y., Mishchuk, D., Ruchynskiy, M., Rogovskii, I., Mikhailova, L., Titova, L., Berezovyi, M., & Shatrov, R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(7(112)): 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
15. Nykyforchyn, H., Lunarska, E., & Tsyurulnyk, O. (2019). Environmentally assisted “in-bulk” steel degradation of long term service gas trunkline. Engineering Failure Analysis, 17: 624–632.
16. Pisarenko, G., Voinalovych, O., Rogovskii, I., & Motrich, M. (2019). Probability of boundary exhaustion of resources as factor of operational safety for agricultural aggregates. Engineering for Rural Development, 18: 291–298.
17. Rejovitzky, E., & Altus, E. (2013). On single damage variable models for fatigue. International Journal of Damage Mechanics, 22(2) 2: 268–284.
18. Rogovskii, I. 2020. Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research, 11(1): 155–162.
19. Rogovskii, I., Titova, L., Novitskii, A., & Rebenko, V. (2019). Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development, 18: 291–298.
20. Rogovskii, I. L., Titova, L. L., Voinash, S. A., Troyanovskaya, I. P., & Sokolova, V. A. (2021a). Change of technical condition and productivity of grain harvesters depending on term of operation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 720: 012110. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012110>.
21. Rogovskii, I. L., Titova, L. L., Gumenyuk Yu. O., & Nadochiy O. V. (2021b). Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 839: 052055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055>.
22. Sánchez-Hermosilla, J., Rincón, V., & Páez, F. (2011). Field evaluation of a self-propelled sprayer and effects of the application rate on spray deposition and losses to the ground. Pest Management Science, 67(8): 942–947.
23. Shih-Heng, T., Ming-Hsiang, S., & Wen-Pei, S. (2018). Development of digital image correlation method to analyse crack variations of masonry wall. Sadhana, 6: 767–779.
24. Tyutrin, S. (2019). Improving reliability of parts of mounted mower according to monitoring results by fatigue gauges from tin foil. Engineering for rural development, 18: 22–27.
25. Voinalovych, O., Hnatiuk, O., Rogovskii, I., & Pokutnii, O. (2019). Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. Engineering for rural development, 18: 563–569.
26. Xi, L., & Songlin, Z. (2019). Changes in mechanical properties of vehicle components after strengthening under low-amplitude loads below the fatigue limit. Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures, 32(10): 847–855.
27. Yezekyan, T., Marinello, F., Armentano, G., Trestini, S. & Sartori, L. (2020). Modelling of harvesting machines' technical parameters and prices. Agriculture, 10(6): 194–204.
28. Zou, F., Kang, J. & Ji, G. (2017). Hydrostatic driving system for self-propelled sprayer. Engineering Journal, 26(3): 12–18.
29. Zubko, V., Sirenko, V., Kuzina, T., Koszel, M., & Shchur, T. (2022). Modelling wheat grain flow during sowing based on the model of grain with shifted center of gravity. Agricultural Engineering this link is disabled, 26(1): 25–37.

**Titova L. L.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant of Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Engineering management of monitoring the technical readiness of grain harvester on efficiency of its machine use**

*The article formulates the methodical principles of increasing the efficiency of the technical service of agricultural machinery of agro-industrial complex enterprises on the basis of its information support. The structure of district-level technical service was developed taking into account modern features, development prospects and requirements for material and technical support, maintenance and repair of agricultural machinery. On the basis of the conducted studies of the processes of movement and processing of internal information, it was considered appropriate to use the method of a combined questionnaire and sample survey for its selection. As for the method of selection of external information, in this case it is planned to conduct a selection based on the qualitative composition of information with the help of expert evaluations. The formation of the expert group was carried out according to the criterion of maximum coherence of opinions of its members, provided that the involved experts have a high degree of competence in subject field.*

*In article, studies of the production activity of technical service enterprises are recommended to use local computer networks, which include an automated workplace of specialists, which allows for operational management of all links of the technical process of maintenance and repair of machines. Based on the developed methods, a software product was created for a quick search for the necessary and sufficient information for a specialist or a manager of a technical service enterprise. As a result of the implementation of the above-mentioned measures developed and implemented at technical service enterprises, the following practical results were obtained: the labor intensity during the first one decreased on average by 7.8%, during the second one by 8.2%, during seasonal repairs by 9%, and during current repairs by 22%. The obtained regularity of the dependence of the time spent on maintenance and repair on the completeness of information shows that the more complete the database is, the less time is spent on making decisions and carrying out work. Thus, on the basis of the research carried out in the article, it can be stated that when agricultural enterprises switch to a strategy of maintenance based on the condition of machines – on the basis of indiscriminate diagnostics and when using the developed methodology in technical service technologies, the labor intensity of all types of work can be significantly reduced, on average by 20–25%, and the failure rate of a component can be only 1%.*

**Key words:** depreciation, diagnostics, technical service, agricultural machine.