

**РЕЗУЛЬТАТ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В АПК****Герасимчук Ю. А., Попик П. С., Герасимчук Н. А., Штулер І. Ю., Лісун Я. В.**

Об'єктом дослідження є результат впровадження ресурсозбереження в агропромисловому комплексі (АПК), зокрема в першій його сфері – машинобудівництві для сільського господарства. Одним з найбільш проблемних місць є системність впровадження ресурсозбереження в АПК. Для подолання даної проблеми авторами запропонована схема вибору ресурсозберігаючого проекту сфери технічного обслуговування агропромислового комплексу, для того щоб оцінити ефективність технологій ресурсозбереження.

Авторами ставилося за мету проаналізувати ефективність впровадження ресурсозберігаючих заходів у комплексі першої сфери АПК. Для деталізації мети було поставлене завдання апробації схеми вибору ресурсозберігаючого проекту сфери технічного обслуговування АПК для аналізу ресурсоефективності на підприємствах, та визначення ефективності ресурсозберігаючих заходів. В результаті була оцінена модель багатокритеріального обґрунтування підвищення ресурсозбереження підприємств АПК як така, що є адекватною для оцінки ефективності виробництва і рівня ресурсозбереження.

Проаналізована та обґрунтована технологія оптимізації паливо-повітряної суміші, що на оптимально збідненій паливно-повітряній суміші з коефіцієнтом надлишку повітря  $a \geq 1,1-1,15$  забезпечує роботу бензинового двигуна з мінімальним вмістом шкідливих складових у вихлопних газах. Зокрема концентрація  $NO_x$  суттєво нижча, ніж при згорянні суміші близької до стехіометричної.

Розрахована економічна ефективність ресурсозберігаючої технології висівного апарата з резервним дозатором. Середній річний приріст прибутку від впровадження модернізованого висівного апарата точного висіву для основних просапних культур (кукурудза, соняшник, соя, буряк) складає 1216,45 у. о. на посіві одного гектару. Загальний річний прибуток на сівалку за рік – 956 тис. у. о. На прикладі посіву однієї з культур найбільший економічний ефект дає кукурудза – 1,6 млн. у. о. на рік, найменший – соняшник (266 тис. у. о.). Водночас найкращим чином дослідний зразок показав себе при сівбі сої, зменшивши втрати у вартісному виразі на 99 %.

**Ключові слова:** ресурсозберігаючий тип агропромислового комплексу, двигун з регулюванням потужності шляхом відключення окремих робочих циклів.

**1. Вступ**

Нова парадигма еволюційної економіки, згідно з якою траєкторія розвитку визначається взаємодією технологічних укладів, найбільш вірогідно описує сучасні процеси національного господарства. Організаційно-економічний розвиток агропромислового комплексу (АПК) представляє собою процес безперервного вдосконалення організаційно-технологічної структури і економічних параметрів функціонування виробничих систем. Таким чином, концепція формування системи ресурсозберігаючого функціонування агроекономіки продовжує і розвиває сформовані наукові положення в області ефективного використання ресурсів і

вирішує найважливішу для держави соціально-економічну проблему емергентної взаємодії галузей АПК.

Відповідно до цієї концепції було обгрунтовано постановку нової наукової проблеми формування ресурсозберігаючого типу АПК як результату системної дії складових активної ресурсозберігаючої політики. Ця задача була виконана шляхом створення соціально-економічних, організаційних і правових умов для ефективного відтворення, розвитку й використання потенціалу ресурсозбереження агропромислового виробництва. Основними напрямками підвищення ефективності ресурсовикористання є:

- формування і реалізація державних, галузевих, регіональних та місцевих програм ресурсозбереження;
- створення нормативно-правової бази та економічних механізмів для підтримки і стимулювання пристосування інноваційної ресурсозберігаючої діяльності;
- готовність українського АПК використовувати передовий досвід застосування ефективного ресурсозбереження та ресурсовикористання.

Ефективним методом виявлення нових джерел заощадження ресурсів при розробці технічних засобів для сфер АПК, а також проектів виготовлення або відновлення окремих деталей сільськогосподарських і переробних машин є математичне моделювання. В основу модельних побудов покладено математичні системи, представлені в роботі [1]. При виготовленні або відновленні деталей сільськогосподарських і переробних машин необхідно не тільки закладати параметри оптимальної надійності, але і прагнути до досягнення мінімальних витрат ресурсів при дотриманні умов їх відтворення і екологічної стійкості.

Ефективність ресурсозбереження в аграрнопереробному виробництві нерозривно пов'язана із застосуванням інноваційних методів, технологій, засобів праці. Необхідність вирішення теоретичних і практичних завдань, спрямованих на виявлення і використання резервів зростання ефективності підприємств АПК за рахунок зниження ресурсомісткості виробництва визначила актуальність досліджуваної проблеми.

## **2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит**

*Об'єктом дослідження* є впровадження систем ресурсозбереження в агропромисловому комплексі, зокрема в першій його сфері – машинобудівництві для сільського господарства. Як найбільш характерні для досягнення мети дослідження було обрано технологію оптимізації паливо-повітряної суміші для двигуна внутрішнього згоряння та технологію висівного апарата з резервним дозатором. Вибір цих об'єктів зумовив той факт, що, по даним структури витрат сільськогосподарського виробництва у 2017 році, витрати на пальне становили від 11,6 до 28,7 %, витрати на посівний матеріал – від 11,1 до 21,2 % в залежності від культури.

Одним з найбільш проблемних місць є системність впровадження ресурсозбереження в АПК. Для подолання даної проблеми авторами запропонований алгоритм вибору ресурсозберігаючого проекту сфери технічного обслуговування, для того щоб оцінити ефективність технологій ресурсозбереження.

## **3. Мета та задачі дослідження**

*Метою даного дослідження* є аналіз ефективності впровадження ресурсозберігаючих заходів у комплексі першої сфери АПК. Для деталізації мети

було поставлене завдання створення алгоритму визначення резервів ресурсоефективності на підприємствах, необхідних для досягнення конкурентних переваг. Це дозволить розробити гнучкі сценарії структурування стратегічних рішень, оцінити економічну і екологічну ефективність впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Оцінити адекватність запропонованої моделі багатокритеріального обґрунтування напрямків підвищення ресурсозбереження підприємств АПК для оцінки ефективності виробництва і рівня ресурсозбереження та обґрунтування пріоритетних напрямків ресурсозбереження.

2. Обґрунтувати вибір ресурсозберігаючої технології оптимізації паливо-повітряної суміші, щоб забезпечити роботу бензинового двигуна з мінімальним вмістом шкідливих складових у вихлопних газах, зокрема оксидів азоту, з врахуванням паливної економічності двигуна.

3. Розрахувати економічну ефективність ресурсозберігаючої технології висівного апарата з резервним дозатором.

#### **4. Дослідження існуючих рішень проблеми**

Різні аспекти стратегії ресурсозбереження досліджувалися вченими у працях [2–4]. Основоположником ресурсозбереження можна вважати нинішнього президента Казахстану, який не словом, а ділом поклав початок даного напрямку економіки [5]. Українські вчені ґрунтовно досліджували питання ресурсозбереження, хоча з меншим розмахом. Кожен з авторів мав своє бачення і вектор прикладення зусиль. Так, автор роботи [6] розглядав ресурсозбереження в контексті повторного використання промислових відходів. Суто сільськогосподарське ресурсозбереження аналізував автор [7], але в подальшому цей напрямок не розвивався. Окремі аспекти ресурсозбереження в контексті інноваційного розвитку досліджували автори [8]. Більшість досліджень, в яких тема ресурсозбереження була розглянута, стосувалася глобального аспекту [9–13]. Зокрема автор праці [9] аналізував ресурсозбереження подібно до автора роботи [5], в рамках структурної трансформації національної економіки. Автор праці [10] зробив ґрунтовний аналіз ресурсозбереження у розрізі регіонального аспекту. Автори праць [11–13] аналізували ресурсозбереження в аспекті його впливу на економічний розвиток України.

Разом з тим, для більш повного розкриття мети даного дослідження, зокрема, для цілей аналізу першої сфери агропромислового комплексу, були розглянуті, крім прямих досліджень ресурсозбереження, дотичні теорії і сфери наук, зокрема технічні. Для вибору ресурсозберігаючої технології оптимізації паливо-повітряної суміші, щоб забезпечити роботу бензинового двигуна з мінімальним вмістом шкідливих складових у вихлопних газах, зокрема оксидів азоту, з врахуванням паливної економічності двигуна були проаналізовані роботи [14].

Для вирішення задачі розрахунку економічної ефективності ресурсозберігаючої технології висівного апарата з резервним дозатором була використана розробка вчених [1], як така, що з усіх альтернативних варіантів найбільшою мірою може бути застосована в українських реаліях.

Уявлення про сучасні проблеми зниження вмісту токсичних компонентів, в тому числі в сфері АПК, формують дослідження [15]. Відмічено, що токсична дія NOx, на організм людини в десятки разів небезпечніша при порівнянні з CO, а також складність процесу нейтралізації оксидів азоту. Подальший розвиток двигунів

внутрішнього згоряння (ДВЗ) неможливий без зниження їх шкідливого впливу на довкілля, що стимулюється посиленням світових норм токсичності.

Разом з тим, багато питань ефективної організації матеріально-технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва, створення ефективної системи ресурсозбереження як пріоритетного напрямку реалізації потенціалу аграрної сфери на інноваційній основі вимагають подальшого вивчення та обґрунтування.

### 5. Методи дослідження

Схему моделі вибору ресурсозберігаючого проекту стосовно першої сфери АПК відображена на рис. 1.

В якості економічних показників були використані трудомісткість, металомісткість, енергомісткість, капіталомісткість та інші питомі витрати по  $i$ -ій технології виготовлення або відновлення. В якості технічних показників – ресурс (напрацювання від початку експлуатації машини до досягнення нею граничного стану), напрацювання до відмови, якість одержуваної продукції (виконуваної машиною операції) і продуктивність робочого процесу.



**Рис. 1.** Схему вибору ресурсозберігаючого проекту сфери технічного обслуговування агропромислового комплексу [16]

Сільськогосподарські та переробні машини повинні мати оптимальний технічний ресурс і напрацювання до відмови, водночас забезпечувати необхідну якість одержуваної продукції і продуктивність робочого процесу. Для виміру

досягнення заданих характеристик пропонується комплексний коефіцієнт  $g_i$  який визначається зі співвідношення:

$$g_i = \frac{\tau_{i1}}{\tau_{n1}} \cdot \frac{\tau_{i2}}{\tau_{n2}} \cdot \frac{\tau_{i3}}{\tau_{n3}} \cdot \frac{\tau_{i4}}{\tau_{n4}}. \quad (1)$$

Для вибору ресурсозберігаючого проекту виготовлення (відновлення) деталей сільськогосподарських і переробних машин загальна математична модель оптимізації сільськогосподарського виробництва, описана в [3], трансформується з урахуванням введення наступних параметричних позначень:

$i$  – вид технології виготовлення (відновлення) машини сільськогосподарського або переробного призначення;

$X_i$  – інтенсивність застосування  $i$ -ої технології виготовлення (відновлення), змін;

$T_i$  – трудомісткість  $i$ -ої технології з одиничною інтенсивністю, люд.-год;

$M_i$  – металоємність  $i$ -ої технології з одиничною інтенсивністю, кг;

$E_i$  – енергоємність  $i$ -ої технології з одиничною інтенсивністю, кВт-год;

$K_i$  – капіталомісткість  $i$ -ої технології з одиничною інтенсивністю, у. о.;

$D_i$  – інші питомі витрати по  $i$ -й технології з одиничною інтенсивністю, у. о.;

$a_i$  – продуктивність  $i$ -ої технології з одиничною інтенсивністю, шт.;

$\tau_{i1}, \tau_{n1}$  – технічний ресурс машини, виготовленої за  $i$ -ою технологією і за нормативом;

$\tau_{i2}, \tau_{n2}$  – напрацювання до відмови нової машини по  $i$ -й технології і за нормативом;

$\tau_{i3}, \tau_{n3}$  – показник якості продукції (операції), що отримується на новій машині і по нормативу;

$\tau_{i24}, \tau_{n4}$  – продуктивність нової машини і за нормативом;

$V$  – програма виготовлення (відновлення) машин, шт.

## 6. Результати досліджень

### 6.1. Моторні дослідження двигуна внутрішнього згорання з відключенням робочих циклів (ДРЦ) та системи автоматичного газовідбору

Проблеми забруднення навколишнього середовища та енергозбереження набули значної важливості за останні роки. Автомобільний транспорт посідає домінуючу роль у виникненні і розв'язанні цих проблем. Забруднення атмосфери токсичними викидами спонукає науковців та фахівців галузі двигунобудування до проведення робіт по створенню малотоксичних енергетичних установок для транспортних засобів.

Відомо, що від усіх поршневих двигунів внутрішнього згорання, які експлуатуються на транспортних засобах в Україні, 70 % складають бензинові. До їх суттєвих недоліків відноситься погіршення екологічних показників і низька паливна економічність при їх роботі в порівнянні з двигунами інших типів, наприклад дизелів [14].

Тому ближчим часом суттєве зменшення забруднення повітря і зниження витрати палива є першочерговою задачею, яку можна вирішити, проектуючи менш токсичні бензинові двигуни.

Основні напрямки по зниженню токсичності бензинових ДВЗ, які є перспективними на даний час є:

- удосконалення робочого процесу згоряння в циліндрі ДВЗ за рахунок зміни конструкції його систем та впровадження нових методів регулювання потужності;
- застосування пристроїв очищення і нейтралізації вихлопних газів (ВГ);
- використання альтернативних видів палив;
- регулювання та наладка систем управління ДВЗ;
- законодавче обмеження токсичності ВГ.

Серед цих багатьох наукових напрямків, які присвячені вирішенню проблеми забруднення атмосфери токсинами слід виділити принципово новий метод регулювання потужності відключенням окремих робочих циклів (ДРЦ) [15]. Дана модифікація дає можливість знизити токсичність вихлопних газів та покращити паливну економічність двигуна внутрішнього згоряння.

Сутність методу регулювання потужності відключенням окремих робочих циклів полягає в тому, що зміна потужності здійснюється завдяки зменшенню (або збільшенню) кількості робочих циклів шляхом припинення подачі палива в камеру згоряння, забезпечуючи цим самим отримання необхідної потужності. ДРЦ не вимагає значних змін в конструкції серійного бензинового двигуна, а застосування електромагнітних форсунок з електронним управлінням дозволяє здійснити регулювання вказаним способом досить просто та надійно.

В порівнянні з серійними бензиновими ДВЗ в ДРЦ відсутня дросельна заслінка, так і сам процес дроселювання із його властивими недоліками, особливо на часткових навантаженнях. Дроселювання на впуску виключає можливість здійснити інтенсивну турбулентність робочої суміші, що необхідно для покращення послідуочого процесу згоряння в циліндрі двигуна. Відключений (продувочний) цикл очищує циліндр від залишкових газів і сприяє кращому протіканню робочого процесу в робочому циклі наступному за відключеним.

Підвищення паливної економічності ДРЦ забезпечується при постійному коефіцієнті наповнення незалежно від навантаження. Вищі значення індикаторного ККД досягаються завдяки вищому використанню теплоти і невеликій теплоємкості продуктів згоряння збідненої суміші в порівнянні зі стандартним способом регулюванням потужності.

Як показали дослідження [15], застосування ДРЦ на бензинових ДВЗ, крім зменшення в експлуатаційних умовах витрати палива на 20–30 %, а в режимі ХХ – до 40 %, дає змогу зменшити концентрації токсичних продуктів при згорянні палива в 1,5–3 рази.

При роботі ДРЦ на збідненій паливо-повітряній суміші і постійному коефіцієнті надлишку повітря ( $\alpha \approx 1,0-1,2$ ), концентрації  $CO$  і  $C_mH_n$  у ВГ будуть на досить низькому рівні, тоді як концентрації  $NO_x$  мають максимальні значення саме при  $\alpha \approx 1,05-1,15$ . Тому перспективними є більш детальне вивчення утворення оксидів азоту в циліндрі двигуна, в даному випадку ДРЦ, та пошук оптимальних регульовальних параметрів системи живлення ДРЦ. Також до цього часу залишається не дослідженим по параметру «токсичність» робочий цикл ДРЦ, наступний за відключеним (продувочним) циклом. На перспективність цього дослідження також вплинула велика складність нейтралізації оксидів азоту.

Ряд авторів пропонують свої варіанти знаходження коефіцієнта рівноваги, значення яких мають деякі відмінності, що впливатиме на результати розрахунку атомарного кисню і відповідно оксиду азоту в цілому. При точних розрахунках концентрації атомарного кисню і  $NO$  необхідно внести найбільш прийнятне рівняння

коефіцієнта рівноваги, який в свою чергу виражається через об'ємну концентрацію в моль/см<sup>3</sup>. Тому в даній роботі проведено відповідні розрахунки для визначення уточненої формули коефіцієнта рівноваги атомарного кисню  $K_0$  в рівнянні.

Відома велика кількість схем газовідбірних клапанів для отримання проби газу з циліндра двигуна: механічні, з гідроприводом, пневмо-електричні, піротехнічні, на основі рухомих дисків та інші. Через ряд недоліків вищевказаних схем, зокрема при застосуванні їх у високооберткових двигунах, їх неможливо застосувати у двигунах з відключенням окремих робочих циклів. Газовідбірні клапани з механічним і гідравлічним приводом, враховуючи відповідно систему важелів, тяг та трубопроводів високого тиску досить громіздкі, конструктивно складні, що є перешкодою при встановленні їх на двигун.

При випробуванні газовідбірного клапана і всієї системи газовідбору було враховано ряд вимог стосовно їх роботи:

- Забезпечити відбір такого об'єму проби газу з циліндра двигуна, який необхідно для отримання достовірної інформації про наявність оксидів азоту у ВГ.
- Забезпечити регулювання і контроль тривалості фаз відбору проб газу при спрацюванні клапана на працюючому двигуні на такті згоряння.
- Чітко витримувати відповідність моментів відкриття і закриття клапана до заданих умов роботи при різних частотах обертання колінчастого валу (КВ) двигуна.
- Забезпечити надійність роботи клапана в камері згоряння при температурі 1900–2700 К, враховуючи також, що тиск в циліндрі на такті розширення змінюється в межах 0,1–7 МПа.
- Забезпечити повну герметичність системи газовідбору і виключити проникнення газів та повітря із атмосфери.

На основі цих критеріїв була розроблена система газовідбору з електромагнітним газовідбірним клапаном (ЕМГК), яка задовольняє названі вимоги.

Основною складовою електричної схеми електронного блоку управління (ЕБУ) є програмований мікроконтролер PIC16F84A (США). Цей пристрій програмно настроювався для відбору проби газу з циліндра робочих циклів на такті розширення після закінчення процесу згоряння до моменту відкриття випускного клапана. Тривалість процесу згоряння в бензинових двигунах знаходиться в межах 40–100° кута повороту колінчастого валу (п. к. в.) після верхньої мертвої точки (ВМТ) на такті стиску. Тому за момент відкриття ЕМГК приймаємо п. к. в. рівний 400–460°, а тривалість його у відкритому стані становитиме 50–100°, що при  $n_{к.в.} = 1000–2000 \text{ хв}^{-1}$  становитиме 5–20 мс.

Вибір режиму роботи ДРЦ проводився виходячи із наступних умов:

1. Концентрація оксидів азоту у ВГ повинна бути достатньою, щоб відносна похибка не позначилась на результатах дослідження.
2. Кількість паливо-повітряної суміші в циліндрі двигуна повинна бути достатньо великою, щоб забезпечити при одноразовому відборі необхідний об'єм газу.
3. Частота обертання КВ залишатись постійною і узгодженою з швидкістю газовідбірного клапана. Тривалість відбору повинна знаходитись у встановлених межах: початок відбору відповідає кінцю процесу згоряння, а закриття клапана відповідно на початку процесу випуску.
  - постійний коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha = 1,0–1,15$ ;
  - постійна циклова подача палива  $q_u = const$ ;

- частота обертання КВ  $n_{к.в.} = 1500 \pm 50 \text{ хв}^{-1}$ ;
- кут випередження запалювання  $\theta_3 - 15^\circ$  п. к. в. до ВМТ;
- дросельна заслінка повністю відкрита. Тепловий режим двигуна, тиск і температура оливи та відпрацьованих газів постійні.

Щоб визначити концентрацію оксидів азоту в робочих циклах ДРЦ хімічним способом були розглянуті чотири методи визначення  $NO_x$ , які рекомендовано в хімічній промисловості для контролю якості атмосферного повітря.

Це колориметричні методи з реактивом Гресса-Илосваля, йодистим калієм і саліциловою кислотою, а також спектрального аналізу в газовому середовищі, з яких був вибраний колориметричний метод з саліциловою кислотою для визначення оксидів азоту у пробі газу. Цей метод по точності не поступається методу спектрального аналізу.

Відносна похибка визначення вмісту  $NO_x$  в пробі колориметричним методом із застосуванням саліцилової кислоти знаходиться в межах 13,5 % при визначенні вмісту  $NO_x$  в пробі для діапазону зміни вмісту оксидів азоту при 100–3000  $\text{млн}^{-1}$ .

Концентрації оксиду вуглецю  $CO$  на всіх навантажувальних режимах ДРЦ буде значно нижче в порівнянні з серійним двигуном 8Ч 9,2/8.

Концентрації незгорілих вуглеводнів  $C_mH_n$  мають нижчі значення. Виключення має тільки режим роботи ДРЦ із відключенням робочих циклів і дещо збагаченим робочим циклом, наступним за відключенням.

Концентрації оксидів азоту  $NO_x$  при роботі ДРЦ значно менші, ніж при серійній системі, окрім максимального навантажувального режиму.

## 6.2. Ресурсозберігаючі технології висівного апарата з резервним дозатором

Будь-який висівний апарат порівняно з ідеальним посівом вносить свої недоліки у вигляді пропусків і двійників. Кращим серед апаратів слід вважати той, який виконує посів ближче до ідеального, а економічний ефект від його роботи є різниця в економічних показниках порівняно з базовим (серійним).

Таким чином, при однаковому впливі всіх інших факторів основою економії стає різниця в ефективності роботи дослідного і серійного висівних апаратів. При цьому необхідно розглянути два аспекти, що визначають кінцевий результат: перший – безпосереднє виконання технологічного процесу посіву і другий – отримання урожайності культур при їх збиранні. При такій постановці завдання загальні збитки від роботи висівного апарата порівняно з ідеальним посівом по всім культурам, що вирощуються, можна представити сумою:

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^k Z_i, \quad (2)$$

де  $Z_i$  – збитки від роботи апарата, що отримують при вирощуванні  $i$ -тої культури;  $k$  – кількість культур.

Економія для кожної із культур при роботі удосконаленого дослідного апарата у порівнянні з штатним серійним складає:

$$E = Z_o - Z_c, \quad (3)$$

де  $Z_o$  – збитки від дослідного апарата для  $i$ -тої культури;  $Z_c$  – збитки від серійного апарата для  $i$ -тої культури.



В загальному збитки складаються як з витратної, так і з доходної частини, тобто можна записати:

$$Z = D - B, \quad (4)$$

де  $D$  – доходна частина;  $B$  – витратна частина.

Недоліками в роботі висівних апаратів є можливі пропуски, коли насінина не висівається, а також поява двійників, коли одночасно висівається дві і більше насінини в одне гніздо.

З точки зору прямої економії пропуски зменшують витрати посівного матеріалу  $Q_{np}$ . Об'єм посівного матеріалу зекономленого на пропусках, може бути підрахованим згідно формули:

$$Q_{np} = \zeta_{np} \cdot Q, \quad (5)$$

де  $Q$  – запланований об'єм висіву тієї чи іншої культури;  $\zeta_{np}$  – ймовірність пропусків. Запланований об'єм висіву визначається здобутком:

$$Q = S \cdot q, \quad (6)$$

де  $S$  – площа відведена під посів культури;  $q$  – встановлена норма висіву.

Таким чином, економія посівного матеріалу внаслідок утворення пропусків складає:

$$Q_{np} = \zeta_{np} \cdot S \cdot q, \quad (7)$$

а економія, виражена в грошових одиницях, дорівнює:

$$D_{np} = Q_{np} \cdot C_{nm}, \quad (8)$$

де  $C_{nm}$  – ціна посівного матеріалу.

Підставляючи складові з (8), маємо:

$$D_{np} = \zeta_{np} \cdot S \cdot q \cdot C_{nm}. \quad (9)$$

Двійники при сівбі дають прямі збитки у додатковій витраті посівного матеріалу. По аналогії ці збитки можуть бути підраховані наступним чином:

$$Q_{дв} = \zeta_{дв} \cdot Q. \quad (10)$$

Підставляючи складові з виразів (7) і (9) маємо:

$$Q_{дв} = \zeta_{дв} \cdot S \cdot q, \quad (11)$$

або

$$B_{дв} = \zeta_{дв} \cdot S \cdot q \cdot C_{nm} \quad (12)$$

де  $\zeta_{\text{дв}}$  – ймовірність двійників;  $B_{\text{дв}}$  – прямі збитки у додатковій витраті посівного матеріалу.

Наступним етапом після посіву є розвиток і дозрівання рослин, які в кінцевому результаті і формують майбутній врожай.

Пропуски внаслідок відсутності насінини приводить до прямих втрат можливого врожаю, які визначаються наступним чином:

$$Q_{\text{пр}} = \zeta_{\text{пр}} \cdot S \cdot Y, \quad (13)$$

де  $Y$  – врожайність культури.

В грошових одиницях ці втрати складають:

$$B_{\text{пр}} = \zeta_{\text{пр}} \cdot S \cdot Y \cdot C_{\text{ер}}, \quad (14)$$

Таким чином, при посіві пропуски дають економію посівного матеріалу, що може бути підрахована по формулі (9), а двійники – додаткові витрати, які визначаються згідно виразу (12).

Особливістю пропусків є те, що внаслідок відсутності насінин на потрібному їх місці площа живлення для сусідів зростає і їх врожайність підвищується на величину  $\Delta Y$ . Так як кожному пропуску відповідають дві сусідніх насінини, то:

$$\Delta Y = 2 \cdot \zeta_{\text{пр}} \cdot K_{\text{нс}} \cdot Y, \quad (15)$$

де  $K_{\text{нс}}$  – коефіцієнт приросту врожайності сусідів пропуску,  $K_{\text{нс}} = 0,15$ .

В грошових одиницях прибуток складає:

$$D_{\text{пру}} = \Delta Y \cdot S \cdot C_{\text{ер}}, \quad (16)$$

Після підстановки складових маємо:

$$D_{\text{пру}} = 2 \cdot \zeta_{\text{пр}} \cdot K_{\text{нс}} \cdot Y \cdot S \cdot C_{\text{ер}}, \quad (17)$$

Поява двійників знижує рівень можливої врожайності [1]. Це означає, що внаслідок появи двійників врожайність втрачається:

$$\Delta Y_{\text{дв}} = \zeta_{\text{дв}} \cdot K_{\text{дв в}} \cdot Y, \quad (18)$$

де  $K_{\text{дв в}}$  – коефіцієнт підвищення врожайності у сусідніх рослин, між якими утворився пропуск,  $K_{\text{дв в}} = 0,3$ .

Або в грошових одиницях:

$$B_{\text{дву}} = \Delta Y_{\text{дв}} \cdot C_{\text{ер}} \cdot S.$$

Звідкіля

$$B_{\text{дву}} = \zeta_{\text{дв}} \cdot K_{\text{дв в}} \cdot Y \cdot C_{\text{ер}} \cdot S. \quad (19)$$

Таким чином, такий недолік в роботі висівного апарата як поява двійників приносить подвійні економічні збитки: додаткові витрати посівного матеріалу, а також недобір врожаю.

Виходячи з викладеного і повертаючись до рівняння (4), збитки висівного апарата при вирощуванні тієї чи іншої культури з використанням серійної чи дослідної сівалки можна представити сумою доходних і витратних частин:

$$Z = D_{np} - B_{np} + D_{np\gamma} - B_{\delta\epsilon} - B_{\delta\epsilon\gamma} \quad (20)$$

де  $D_{np}$  – економія посівного матеріалу внаслідок утворення пропусків;

$B_{np}$  – прямі втрати можливого врожаю внаслідок пропуску;

$D_{np\gamma}$  – дохід внаслідок збільшення урожайності сусідніх рослин пропуску;

$B_{\delta\epsilon}$  – прямі збитки у додатковій витраті посівного матеріалу;

$B_{\delta\epsilon\gamma}$  – витрати внаслідок недобору врожаю.

Кожен з апаратів не є повністю досконалою конструкцією, що виконує посів без недоліків. Недоліки, як відомо, складають пропуски і двійники. Той апарат, у якого недоліки будуть меншими, дасть кращі результати у вирощуванні врожаю. При цьому економічна ефективність формується як різниця між збитками від роботи апаратів. Тому на підставі (3) підраховується економічна ефективність від впровадження дослідного апарата для кожної з  $i$ -тих культур.

Загальна економічна ефективність використання висівного апарата з резервним дозатором для всіх просапних культур розраховується як сума:

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n E_i \quad (21)$$

Прикладом розрахунку може бути визначення економічної ефективності від впровадження дослідного апарата. Розрахунок приводиться на 1 га посівної площі ( $S=1$ ), дані для розрахунку наведені в табл. 1.

**Таблиця 1**

Дані для проведення розрахунку економічної ефективності впровадження результатів досліджень

| Показник   | Величина     |
|--|--------------|
| Виробнича потужність СТВТ-12/8М                  |              |
| Річне завантаження сівалки, год.                 | 160          |
| Продуктивність сівалки, га/год.                  | 3–5          |
| Площа посіву $S$ , тис. га                       | 800          |
| Витрати посівного матеріалу $q$ , шт./га (кг/га) |              |
| Соя  | 500000 (130) |
| Кукурудза  | 80000 (25)   |
| Соняшник (при міжрядді 70 см)                    | 150000 (8)   |
| Цукровий буряк                                   | 100000 (3,5) |

| Ціна посівного матеріалу $C_{ПМ}$ , у. о./га (у. о./кг) |            |
|---|------------|
| Соя   | 1950 (15)  |
| Кукурудза   | 500 (20)   |
| Соняшник  | 280 (35)   |
| Цукровий буряк  | 1400 (400) |
| Урожайність $У$ , т/га                                  |            |
| Соя   | 2,16       |
| Кукурудза   | 6,16       |
| Соняшник  | 1,94       |
| Цукровий буряк  | 47,65      |
| Ціна за тону врожаю $C_{ВР}$ , у. о./т                  |            |
| Соя   | 4650,9     |
| Кукурудза   | 1744,7     |
| Соняшник  | 3842,7     |
| Цукровий буряк  | 494,2      |

Результати розрахунків зведені в табл. 2.

**Таблиця 2**

Результати розрахунку економічної ефективності впровадження дослідного висівного апарата з резервним дозатором на 1 га

| Культура         | Економічна ефективність, у. о. |
|------------------|--------------------------------|
| 1. Соя           | 1198,11                        |
| 2. Кукурудза     | 2087,58                        |
| 3. Соняшник      | 346,79                         |
| 4. Буряк         | 1232,11                        |
| Середнє значення | 1216,15                        |

Сумуючи отримані дані економічної ефективності по культурах (табл. 2), визначається загальна економічна ефективність від впровадження результатів досліджень. Середнє значення економічної ефективності на 1 гектар при використанні дослідного апарата становить 1216,45 у. о.

Для визначення економічної ефективності однієї сівалки в рік необхідно:

$$N = E_i \cdot S_c, \quad (23)$$

де  $E_i$  – економічна ефективність певної культури;  $S_c$  – загальна площа посіву однієї сівалки в рік, яка визначається за формулою:

$$S_c = P \cdot T, \quad (24)$$

де  $P$  – продуктивність сівалки, що складає 4,8 га/год;  $T$  – річне завантаження однієї сівалки, що складає 160 год.

Тоді, виходячи з (24), маємо:

$$S_c = P \cdot T = 4,8 \cdot 160 = 786 \text{ га.} \quad (25)$$

Виходячи з попередніх розрахунків, можна записати економічну ефективність однієї сівалки ( $N$ ) для аналізованих культур:

$$N_{сої} = 1198,11 \cdot 786 = 920145,89 \text{ у. о.}$$

$$N_{кук} = 2087,585 \cdot 786 = 1603259,94 \text{ у. о.}$$

$$N_{сон} = 346,79 \cdot 786 = 266334,6 \text{ у. о.}$$

$$N_{буу} = 1232,11 \cdot 786 = 946259,15 \text{ у. о.}$$

$$N_{сер} = 1216,45 \cdot 786 = 955891,95 \text{ у. о.}$$

Як показують наведені розрахунки, найбільша економічна ефективність використання дослідної сівалки при сівбі кукурудзи, що дає змогу отримати 1,6 млн. у. о. прибутку на рік з однієї сівалки.

## 7. SWOT-аналіз результатів досліджень

*Strengths.* Оскільки найбільший відсоток у собівартості сільськогосподарської продукції становить витрати на паливно-мастильні матеріали та посівний матеріал, автори проаналізували наявні ресурсозберігаючі технології.

Зокрема, проаналізувавши результати теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень ДРЦ, визначено, що при роботі двигуна на оптимально збідненій паливно-повітряній суміші з  $a \geq 1,1-1,15$  концентрація  $NO_x$  суттєво нижча, ніж при згорянні суміші близької до стехіометричної.

Технічна ефективність роботи сівалки з дублюючим дозатором насіння обумовлена, насамперед, суттєвим зниженням пропусків від 1,2 до 3,3 разів.

*Weaknesses.* Оскільки нові технології потребують початкового фінансування, більшість інноваторів зупиняються на впровадженні окремих технологій ресурсозбереження. Це в цілому дає незначний вплив на всю виробничу систему спричиняє перевитрату ресурсів і компрометує всю ідею ресурсозбереження, в цілому.

*Opportunities.* Запропонований механізм підтримки процесів ресурсозбереження в АПК на базі технологічного ланцюжка ресурсних витрат дозволяє здійснювати пошук найбільш доцільних напрямків ресурсозбереження. Дія запропонованої моделі спрямована на підвищення ефективності роботи підприємств АПК, формування горизонтальних виробничих зв'язків, що включають основні і допоміжні підрозділи з метою зниження собівартості за рахунок ресурсних витрат.

*Threats.* Основним негативним фактором, що супроводжує ресурсозберігаючі технології, є недостатній аналіз синергетичного впливу ресурсозберігаючих технологій в системі їх використання. Так, у досліджуваних прикладах використання двигуна внутрішнього згорання з відключенням окремих циклів давало паливну економічність, але з меншою потужністю двигуна.

## 8. Висновки

1. В процесі даного дослідження було створено систему оцінювання ефективності виробництва і рівня ресурсозбереження аграрної сфери. Для деталізації даної системи розроблена схема алгоритму визначення резервів ресурсоефективності

на підприємствах, що дозволяє оцінити економічну ефективність впровадження ресурсозберігаючих технологій.

В результаті була оцінена модель багатокритеріального обґрунтування підвищення ресурсозбереження підприємств АПК як така, що є адекватною для оцінки ефективності виробництва і рівня ресурсозбереження.

Практичне впровадження системи ресурсозбереження в АПК завдяки синергетичному поєднанню інтерактивних індикаторів ресурсоефективності дозволяє ефективно використовувати механізм збалансованого інноваційно-ресурсозберігаючого розвитку. Відповідаючи при цьому різним етапам виробничо-переробних циклів підприємств АПК у вигляді керованого перетікання (дифузії) різних видів ресурсів в сектор з найбільш ефективним розвитком. Впровадження цієї системи дозволить створювати оптимальні умови для ефективності виробництва і рівня ресурсозбереження.

2. Проаналізована та обґрунтована технологія оптимізації паливо-повітряної суміші. На оптимально збідненій паливно-повітряній суміші з коефіцієнтом надлишку повітря  $a \geq 1,1-1,15$  забезпечується робота бензинового двигуна з мінімальним вмістом шкідливих складових у вихлопних газах. Зокрема концентрація NOx суттєво нижча, ніж при згорянні суміші близької до стехіометричної.

3. Розрахована економічна ефективність ресурсозберігаючої технології висівного апарата з резервним дозатором. Середній річний приріст прибутку від впровадження модернізованого висівного апарата точного висіву для основних просапних культур (кукурудза, соняшник, соя, буряк) складає 1216,45 у. о. на посіві одного гектару. Загальний річний прибуток на сівалку за рік – 956 тис. у. о. На прикладі посіву однієї з культур найбільший економічний ефект дає кукурудза – 1,6 млн. у. о. на рік, найменший – соняшник (266 тис. у. о.). Водночас найкращим чином дослідний зразок показав себе при сівбі сої, зменшивши втрати у вартісному виразі на 99 %.

## References

1. Boiko A. I., Popyk P. S., Bannyi O. O. Vplyv shvydkosti peremishchennia dozuiuchoho elementa z kerovanyim vektorom prysmoktuvannia na poiavy propuskiv ta dviinykiv pry vysivi nasinnia // Silskohospodarski mashyny. 2015. Vol. 33. P. 3–7.
2. The FAPRI Global Modeling System and Outlook Process / Meyers W. H. et al. // Journal of International Agricultural Trade and Development. 2010. Vol. 6, No. 1. P. 1–19.
3. Ziburanna L., Gerasymchuk N. Optimization of agriculture production on the basis of resource saving strategy // Modern Management Review. 2014. Vol. 2. P. 233–247.
4. Zhao Q., Huang J. Roadmap of Resource Saving Agricultural Science and Technology Development // Agricultural Science & Technology in China: A Roadmap to 2050. 2011. P. 80–99. doi:[10.1007/978-3-642-19128-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-19128-2_6)
5. Nazarbaev N. A. Strategiya resursosberezheniya i perekhod k rynku: monograph. Moscow: Mashinostroenie, 1992. 352 p.
6. Vovk I. P. Osoblyvosti vprovadzhennia zakhodiv resursozberezhennia ta metodyka vyznachennia yikh efektyvnosti na mashynobudivnykh pidpriemstvakh v konteksti resursonomiky // Visnyk Sumskoho derzhavnogo universytetu. Serii: Ekonomika. 2012. Vol. 4. P. 107–117.
7. Starytska O. P. Resursozberezhennia v systemi ekonomichnoho mekhanizmu pidvyshchennia efektyvnosti silskohospodarskoho vyrobnytstva // Naukovi zapysky TDPU im. V. Hnatiuka. Serii: Ekonomika. 2005. Vol. 18. P. 199–205.

8. Yermoshenko M. M., Hanushchak-Iefimenko L. M. Mekhanizm rozvytku innovatsiinoho potentsialu klasteroobiednanykh pidpriemstv: monograph. Kyiv: Natsionalna Akademiia Upravlinnia, 2010. 234 p.

9. Yerokhin S. A. Strukturna transformatsiia natsionalnoi ekonomiky (teoretyko-metodolohichniy aspekt): monograph. Kyiv: Svit Znan, 2002. 528 p.

10. Kondratenko N. O. Stratehiia resursozberezhennia rehionalnykh ekonomichnykh system: monograph. Kharkiv: NTM, 2010. 362 p.

11. Liashenko I. O. Specifics and perspectives of resource saving in Ukraine // Efektyvna ekonomika. 2012. No. 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1537>

12. Resursonomika: teoretychni ta prykladni aspekty: monograph / Andrushkiv B. M. et al. Ternopil: TzOV «Terno-hraf», 2012. 456 p.

13. Sotnyk I. M. Resursozberezhennia ta ekonomichniy rozvytok Ukrainy. Formuvannia mekhanizmiv perekhodu sub'ektiv hospodariuvannia Ukrainy do ekonomichnoho rozvytku na bazi resursozberihaiuchykh tekhnolohii: monograph. Sumy: Universytetska knyha, 2006. 551 p.

14. Gerasymchuk Y. The method of calculation of economic efficiency of repair of details // Ukraina-Bolgariya-Evropeyskiy Soyuz: sovremennoe sostoyanie i perspektivy. Varna: Nauka i iekonomika, 2015. P. 16–20.

15. Dynamics of a diesel engine with the power controlled by switching-off separate working cycles / Filippov A. et al. // MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. 2005. Vol. 7. P. 83–91.

16. Gerasymchuk N. A. Pidpriemnytskyi mekhanizm resursozberihaiuchoho rozvytku APK: monograph. Kyiv: TsP «Komprint», 2015. 464 p.