

SECTION 1. AGRICULTURAL ENGINEERING

DOI: 10.46299/ISG.2025.MONO.AGRO.1.1.1

1.1 Аналіз методів оптимізації впливу умов роботи машинного агрегату на його економічну ефективність в системах точного землеробства

Анотація. Дана робота присвячена аналізу методів оптимізації впливу умов роботи машинного агрегату (МА) на його економічну ефективність в системах точного землеробства (СТЗ).

Україна розташована на європейській рівнині з родючими землями та помірно-континентальним кліматом, градація умов роботи – 5 (дуже складні) та вище зустрічається досить рідко, проте умови від нормальних (2) до середньо-складних (4) зустрічаються напрочуд часто. Цей факт суттєво – на 10-20% підвищує експлуатаційні витрати підприємств, що працюють на таких полях.

У статті проводиться аналіз новітніх методів та способів оптимізації впливу польових умов роботи на машинний агрегат з використанням систем точного землеробства. Зокрема, розглядаються такі методи: більш поглиблене використання технологій точного землеробства, таких, як глобальна навігаційна система (ГНСС), датчики та системи збору даних для точного визначення положення та руху агрегату; раціональне планування режимів роботи: врахування прогнозу погодних умов, вологості ґрунту та інших факторів дозволяє підібрати найбільш ефективні стратегії роботи, зменшити затрати на паливо та інші ресурси; використання оптимальних агротехнічних прийомів, в залежності від специфічних особливостей кожного поля і тому подібне.

Зазначені, відносно очевидні методи оптимізації можуть бути досить ефективними для більшості територій України, де градація умов роботи від нормальних до середньо-складних є широко розповсюдженою.

Врахування кліматичних особливостей, умов ґрунту та інших факторів є важливими для вибору найбільш підходящих методів оптимізації. Послідовне застосування цих методів може забезпечити зменшення експлуатаційних витрат,

підвищення ефективності роботи та стабільність сільськогосподарського виробництва.

Дана робота є джерелом додаткової інформації для дослідників, фахівців та практиків в галузі сільського господарства, які зацікавлені в підвищенні ефективності використання машинного агрегату на полях з неідеальними умовами роботи та зменшенні витрат за допомогою використання новітніх технологій точного землеробства. Розглянуті методи оптимізації враховують та специфічні фактори, як географію українських земель, типи українських ґрунтів, клімат та інші.

Постановка проблеми. З розвитком систем точного землеробства стає все більш актуальним питання оптимізації надлишкових фінансових витрат, пов'язаних з не ідеальними умовами роботи машинного агрегату на сільськогосподарських полях. Існують різноманітні сучасні методи оцінки умов роботи, та дослідження їх впливу на економічну ефективність, але недостатньо досліджено способи оптимізації надлишкових експлуатаційних витрат машинних агрегатів від роботи на таких сільськогосподарських територіях. До цього часу відсутні стандартизовані методи оптимізації впливу умов роботи на економічну ефективність машинного агрегату. Отже, проблема полягає в недостатній дослідженості методів оптимізації впливу умов роботи на економічну ефективність машинного агрегату в системах точного землеробства та недостатній кількості розроблених відповідних рекомендацій для практичного впровадження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливі питання оцінки загального стану та впровадження різних методів оптимізації виробничих витрат у своїх роботах досліджували такі українські учені, як Л. М. Демиденко, В. С. Стельмах [1], Н. В. Клецова [2], З. І. Мацак [3] та інші. Однак, до цього часу відсутні стандартизовані методи оптимізації впливу умов роботи машинних агрегатів на їх економічну ефективність з урахуванням специфіки українських сільськогосподарських угідь.

Мета статті – дослідження методів оптимізації впливу неідеальних польових умов роботи машинного агрегату на його економічну ефективність з використанням новітніх технологій в рамках систем точного землеробства.

Виклад основного матеріалу. Градація умов роботи на полі відноситься до класифікації або розподілу різних рівнів складності та сприятливості умов, з якими стикається машинний агрегат під час виконання польових робіт. Цей підхід дозволяє систематизувати та оцінити вплив різних факторів, таких як стан ґрунту, погодні умови, наявність перешкод та інших параметрів, на продуктивність та ефективність роботи машинного агрегату.

Градація умов роботи надає можливість порівняти результати роботи при різних рівнях складності та визначити їх вплив на техніко-економічні показники та прямі експлуатаційні витрати[4].

Рівні градації умов роботи на полі від 1 до 9 визначаються таким чином:

Рівень 1: умовно ідеальні умови роботи. На цьому рівні умови роботи вважаються дуже сприятливими. Поле має рівний та стабільний ґрунт без перешкод або обмежень. Погодні умови є мало впливовими, немає небезпеки для машинного агрегату, і виконання роботи є досить простим і безпечним.

Рівні 2-4: на цих рівнях умови роботи є сприятливими, але з деякими незначними ускладненнями, перешкодами та вимогами. Ґрунт може бути незначно нерівним або містити деякі перешкоди, такі як каміння або кореневі системи рослин. Погодні умови помірні та мають невеликий вплив на роботу машинного агрегату. Українським сільськогосподарським угіддям найчастіше присвоюють саме один з цих трьох рівнів: 2 - нормальні; 3 - середні; 4 – середньо-складні умови.

Рівні 5-7: на цих рівнях умови роботи стають все складнішими. Ґрунт може бути нерівним, з різними ухилами або надто м'який чи надто твердий, що може ускладнити рух та стабільність машинного агрегату, підвищити вібрації у вузлах системи, пришвидшити знос робочих органів та внутрішніх елементів. Погодні умови можуть включати сильні вітри, дощі або високу вологість, що можуть впливати на продуктивність та безпеку роботи.

Рівні 8-9: це найвищі рівні градації, що вказують на надзвичайно складні та небезпечні умови роботи, відповідно.

Ґрунт може бути дуже нерівним, болотистим або містити великі камені або кореневі системи, що робить рух машинного агрегату дуже важким і ризикованим. Погодні умови можуть включати сильні шторми, повені або град, що створює високий ризик пошкодження агрегату та безпеку для оператора.

Кожен рівень градації умов роботи має свої унікальні особливості та вплив на продуктивність, ефективність та безпеку роботи машинного агрегату на полі. Розуміння цих різних рівнів допомагає визначити оптимальні стратегії та заходи для покращення економічної ефективності та продуктивності в системах точного землеробства.

Оцінка умов роботи на полі може бути надана експертом у сфері сільського господарства, програмним забезпеченням або комбінацією обох підходів [5].

1) Експерт. Експертна оцінка умов роботи на сільськогосподарському полі виконується за допомогою досвіду та знань кваліфікованих фахівців. Експерт вивчає різні аспекти, такі як стан ґрунту, погодні умови, наявність перешкод або обмежень. Вони здійснюють візуальний огляд та використовують свої професійні знання для оцінки умов роботи. Експерти також можуть враховувати інші фактори, які впливають на продуктивність та безпеку роботи, такі як рельєф місцевості та ландшафтні особливості.

2) Програмне забезпечення. Спеціалізоване програмне забезпечення використовується для автоматизованої оцінки умов роботи на полі. Воно може базуватися на алгоритмах та моделях, що враховують різні параметри, такі як геолокація, супутникові зображення, дані з сенсорів, метеорологічні дані та інші. Увесь масив зібраної за допомогою систем точного землеробства інформації сортується по категоріям, наприклад, параметри рельєфу, погодні умови і тому подібне. Далі алгоритм аналізує ці дані та видає кожній категорії оцінку, після чого оцінка кожної з категорій множиться на відповідний коефіцієнт, усі отримані значення по категоріям додаються та порівнюються зі шкалою градації умов роботи від 1 до 9. Такий автоматизований спосіб оцінювання дозволяє

операторам та керівникам приймати практичні рішення, володіючи всією повнотою інформації.

3) Комбінований підхід. Деякі методи оцінки умов роботи можуть комбінувати експертну думку та використання програмного забезпечення. Наприклад, експерти можуть використовувати спеціальні інструменти або програми, щоб отримати доступ до додаткових даних та розрахунків, які полегшують та роблять більш точною їх оцінку. Комбінований підхід дозволяє поєднувати переваги людського досвіду та програмного забезпечення для отримання більш точної та об'єктивної оцінки умов роботи.

Аналізуючи ці три підходи, оцінка умов роботи на сільськогосподарському полі стає більш об'єктивною та інформованою, коли в процесі її надання використовуються різноманітні дані, отримані за допомогою СТЗ, що допомагає підприємствам приймати раціональні рішення щодо виконання робіт та оптимізації економічної ефективності.

Умов роботи на полі чинять значний вплив на всі техніко-економічні, експлуатаційні й інші показники роботи агрегату. Собівартість виконання агроробіт розраховується за формулою (1) [6].

$$Q = C_{\text{п}} + C_{\text{ПММ}} + C_{\text{в}} + A + C_{\text{ТО}} \quad (1)$$

де, Q – собівартість проведення аграрних робіт на полі, грн/га;

$C_{\text{п}}$ – витрати на паливо, грн/га;

$C_{\text{ПММ}}$ – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га;

$C_{\text{в}}$ – витрати на оплату праці водіїв, грн/га;

A – амортизаційні відрахування, грн/га;

$C_{\text{ТО}}$ – витрати на ТО та ремонт, грн/га.

Автори М. О. Мікуліна, Б. О. Саржанов та А. Д. Поливаний [7] за результатами проведених досліджень створили графічну модель, що відображає вплив умов роботи МА на прямі експлуатаційні витрати для виконання посівних робіт зернових культур на 1 гектарі поля (рис. 1). Дана модель чітко дає зрозуміти ступінь впливу неідеальних умов роботи агрегатів у полі на їх економічну ефективність.

Україна знаходиться на європейській рівнині з родючими землями та помірно-континентальним кліматом, градація умов роботи – 5 (дуже складні) та вище зустрічається досить рідко, проте умови від нормальних (2) до середньо-складних (4) зустрічаються напрочуд часто. Як видно з графіку, це доволі суттєво, на 10-20%, підвищує експлуатаційні витрати підприємств, що працюють на таких полях. У випадку оптимізації та збереження цих надлишкових витрат, український агробізнес зможе отримати додаткові ресурси для розвитку та інвестицій, що здатне посилити його позиції, як драйвера вітчизняної економіки.

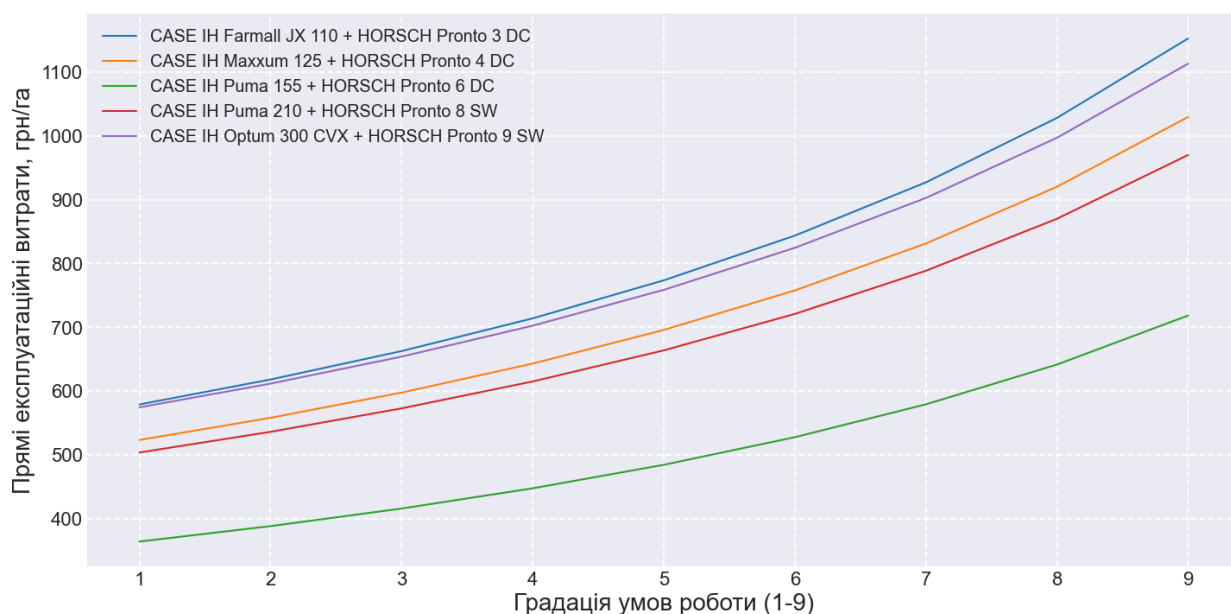


Рисунок 1. Вплив умов роботи МА на прямі експлуатаційні витрати, пов’язані з виконанням механізованих технологічних операцій з посіву зернових культур [7].

Оптимізація впливу умов роботи машинного агрегату на сільськогосподарському полі на його економічну ефективність може включати різні методи та способи. Основна мета полягає у зменшенні витрат і підвищенні продуктивності праці машинного агрегату. Нижче перераховані деякі можливі методи та способи оптимізації:

1. Використання технологій точного землеробства: Застосування сучасних технологій, таких як глобальна навігаційна спутникова система (ГНСС), системи автоматичного управління, датчики та картографування полів, дозволяє досягти

більш точного і ефективного використання ресурсів. Наприклад, застосування точного оприскування добрив і пестицидів дозволяє зменшити витрати на ці матеріали і одночасно збільшити врожайність.

2. Вибір оптимальних часових і погодних умов: Врахування оптимальних періодів для проведення робіт на полі може знизити ризик неблагоприятного впливу погодних умов на продуктивність працівників та машинних агрегатів. Наприклад, робота на полі при найкращих погодних умовах може сприяти збільшенню продуктивності та зниженню ризику непередбачуваних перешкод.

3. Раціональне планування режимів роботи: Оптимізація режимів роботи машинного агрегату може включати визначення оптимальних швидкостей, режимів навантаження та зовнішніх параметрів для досягнення максимальної продуктивності та економії палива. Наприклад, встановлення оптимальної швидкості руху машинного агрегату залежно від типу оброблюваної поверхні може знизити знос та споживання палива.

Формула для оптимізації режимів роботи машинного агрегату може включати швидкість (v) та інші параметри ($p_1, p_2, \dots, p_n$), які впливають на його продуктивність та споживання палива. Параметрів таких може бути безліч, зі збільшенням їх кількості збільшується точність розрахунків.

$f(x)$ є цільовою функцією, яку потрібно мінімізувати або максимізувати. Цільова функція (f) може бути складена з кількох компонентів, таких як час роботи, витрати палива та інші показники ефективності. Наприклад, цільова функція може мати наступний вигляд:

$$f(v, p_1, p_2, \dots, p_n) = w_1 \times t(v, p_1, p_2, \dots, p_n) + w_2 \times \text{fuel}(v, p_1, p_2, \dots, p_n) + \dots \quad (2)$$

де:

- $t(v, p_1, p_2, \dots, p_n)$ представляє функцію, яка визначає час роботи залежно від швидкості та інших параметрів;

- $\text{fuel}(v, p_1, p_2, \dots, p_n)$ представляє функцію, яка визначає витрати палива залежно від швидкості та інших параметрів;

- $w_1, w_2, \dots$ є ваговими коефіцієнтами, які визначають важливість кожного компонента цільової функції.

Таким чином, оптимізаційна задача полягає в пошуку значень швидкості (v) та інших параметрів ($p_1, p_2, \dots, p_n$), які мінімізують цільову функцію (f), при дотриманні певних обмежень (наприклад, максимальна швидкість, допустимі значення параметрів тощо).

4. Використання оптимальних агротехнічних прийомів: Впровадження оптимальних агротехнічних прийомів, таких як правильне розміщення культур, використання мульчування, міжрядкового обробітку та систем зрошення, може зменшити фізичне навантаження на машинний агрегат і знизити витрати на паливо та інші ресурси [8].

5. Використання передового обладнання та технологій: Оновлення машинного парку та використання передових технологій може призвести до покращення продуктивності, зменшення витрат на експлуатацію та підвищення точності роботи. Наприклад, використання сучасних тракторів з автоматичним управлінням та оптимізованою ходовою системою може забезпечити більш ефективне виконання робіт на полі.

6. Фінансовий аналіз та планування: Важливо проводити фінансовий аналіз впливу умов роботи на економічні показники і розробляти планування витрат. Це дозволяє виявити потенційні області оптимізації та встановити пріоритети для впровадження відповідних заходів [9].

Компенсація збільшених витрат від умов роботи машинного агрегату, відмінних від умовно ідеальних, ґрунтується на пошуку резервів зниження цих витрат. Основні способи компенсації можуть включати:

1. Вдосконалення технологій: Використання нових технологій, які дозволяють знижувати витрати, такі як енергоефективні системи освітлення,

компактні енергозберігаючі пристрої, ефективні системи управління енергією, може допомогти зменшити споживання енергії машинним агрегатом і знизити витрати на паливо та енергію.

2. Використання екологічно чистих та енергоефективних матеріалів:

Використання екологічно чистих та енергоефективних матеріалів для виробництва компонентів та запасних частин машинного агрегату може сприяти зменшенню зносу, підвищенню тривалості їх служби і зниженню витрат на ремонт і обслуговування.

3. Підвищення кваліфікації персоналу: Навчання та підвищення кваліфікації операторів машинного агрегату може допомогти у використанні оптимальних режимів роботи, ефективному використанні ресурсів та підтримці високої продуктивності.

4. Профілактичне обслуговування та регулярний технічний огляд: Регулярне проведення профілактичного обслуговування та технічного огляду машинного агрегату може допомогти у виявленні та усуненні можливих несправностей та збільшити тривалість його безперебійної роботи.

5. Використання альтернативних джерел енергії: Враховуючи зростаючу популярність відновлювальних джерел енергії, використання сонячних панелей або вітрових установок для забезпечення додаткового джерела енергії може зменшити залежність від традиційних джерел енергії та знизити витрати на паливо.

6. Впровадження систем контролю та моніторингу: Використання систем контролю та моніторингу дозволяє в режимі реального часу відслідковувати роботу машинного агрегату, виявляти витрати та неефективність, що дозволяє своєчасно приймати рішення та вживати заходів для оптимізації.

Ці методи та способи можуть бути використані окремо або в комбінації для оптимізації впливу умов роботи машинного агрегату на сільськогосподарському полі та компенсації збільшених витрат. Варто враховувати, що вибір конкретних методів і способів оптимізації буде залежати від конкретних умов, типу машинного агрегату та особливостей сільськогосподарського виробництва.

Висновки.

В даній статті було проведено аналіз методів оптимізації впливу неідеальних польових умов роботи машинного агрегату на його економічну ефективність з

використанням новітніх технологій в рамках систем точного землеробства. Аналізовані методи оптимізації, такі, як раціональне планування режимів роботи, вибір оптимальних часових і погодних умов, використання передового обладнання та технологій, фінансовий аналіз та планування, використання оптимальних агротехнічних прийомів тощо, демонструють потенціал у зниженні витрат та підвищенні ефективності роботи машинного агрегату. Застосування цих методів, з урахуванням географічних особливостей, клімату та параметрів ґрунту, може сприяти забезпеченню фінансової стабільності та підвищенню продуктивності в сільськогосподарському виробництві нашої країни.