

## АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПОЛЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ СТЗ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ЕКОНОМІЧНОЮ ПРОДУКТИВНІСТЮ

**Мікуліна Марина Олександрівна**

кандидат економічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-6918-5192  
maryna.mikulina@snau.edu.ua

**Саржанов Богдан Олександрович**

доктор філософських наук  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-9796-9499  
arhimag0@gmail.com

**Поливаний Антон Дмитрович**

магістрант  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-8363-7186  
polivanui1@gmail.com

*У даній роботі проводиться аналіз сучасних способів оцінки умов роботи машинного агрегату (МА) на полі з використанням систем точного землеробства (СТЗ) та вплив умов роботи на техніко-економічні показники й прямі експлуатаційні витрати під час виконання польових робіт. У статті авторами був наведений аналіз новітніх способів оцінювання умов роботи (загальної складності та безпечності виконання агроробіт). Методи оцінювання включають: аналіз хімічного складу ґрунту за допомогою датчиків та збору зразків для лабораторного аналізу; виявлення перешкод та обмежень за допомогою дистанційного зондування (супутникові зображення та аерофотознімки), використання радарів, лазерних датчиків та ультразвуку; моделювання погодних умов за допомогою датчиків погоди та геоінформаційних систем; оцінка ризиків для працівників за допомогою мобільних додатків та систем сповіщення, аварійної сигналізації, використання маркерів або RFID-тегів на небезпечних ділянках або об'єктах. У дослідженні, з метою визначення впливу умов роботи на техніко-економічні показники експлуатації машинного агрегату, використовувалась сучасна техніка зарубіжного виробництва, зокрема таких компаній, як: CASE IH та HORSCH. Досліджувались 5 МА різного складу, що на полі виконували операції з посіву зернових культур. За результатами проведених досліджень та розрахунків була створена графічна модель впливу умов роботи на прямі експлуатаційні витрати на обробіток 1 гектара поля та таблиці, які містять порівняльні значення техніко-економічних показників роботи машинного агрегату на полі зі сприятливими умовами та надзвичайно складними умовами роботи (градація умов роботи – 1 та 7, відповідно). Аналіз отриманих результатів показав, що в умовах даного експерименту, в середньому для 5-ти МА, відбувається падіння показників продуктивності, коефіцієнту робочих ходів та використання часу зміні приблизно на третину (–33%). Показники витрат, водночас, зросли в діапазоні від +49,2% до +129%. З кожним рівнем збільшення складності умов роботи витрати зростали не лінійно. Середнє значення росту витрат при проведенні посівних робіт на полі з надзвичайно складними умовами (7), порівняно з полем зі сприятливими умовами (1), в середньому для 5-ти МА склало: +58,74%.*

**Ключові слова:** умови роботи, системи точного землеробства (СТЗ), прямі експлуатаційні витрати, машинний агрегат (МА).

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.3.11>

**Постановка проблеми.** З розвитком систем точного землеробства все більше актуалізується питання точного аналізу умов роботи машинних агрегатів на сільськогосподарських полях та їх впливу на техніко-економічні показники й прямі експлуатаційні витрати. На сьогоднішній день відсутні стандартизовані методи оцінки загальної складності та безпечності виконання агроробіт. До того ж, недостатньо досліджено вплив різних умов роботи на продуктивність сільськогосподарської техніки та фінансові витрати підприємства на обробіток 1 га поля. Отже, проблема полягає у необхідності аналізу та визначенні впливу умов роботи на техніко-економічні

показники та прямі експлуатаційні витрати МА з використанням СТЗ на сільськогосподарських полях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні роки дослідження в галузі СТЗ набувають все більшої актуальності. До їх проведення долучаються все більше вітчизняних та іноземних науковців. Зокрема, українські дослідники, такі як С.Р. Трускавецький (Truskavetskyi et al., 2017), М.О. Куций (Kutsyi et al., 2015) В.І. Мельник (Melnyk et al., 2014) та інші. Вони досліджували ефективні способи збору та автоматизованої обробки інформації, отриманої за допомогою СТЗ, економічний ефект від впровадження СТЗ в Україні й інші аспекти модернізації

сільського господарства. Проте, ці науковці також зазначили, що існує необхідність визначення ступеня впливу загальної складності та безпечності польових робіт на техніко-економічні показники та впровадження такої практики оцінювання, у разі доведення її ефективності у зменшенні виробничих витрат та підвищенні продуктивності польових робіт аграрним підприємством.

**Мета досліджень.** Мета дослідження полягає у проведенні комплексного аналізу сучасних способів оцінки умов роботи машинного агрегату на сільськогосподарських полях з використанням систем точного землеробства та визначенні їх впливу на техніко-економічні показники й прямі експлуатаційні витрати. Перед дослідниками стоїть задача встановити залежності між умовами роботи МА на полі й продуктивністю, коефіцієнтом використання часу зміни, витратами на паливо та іншими параметрами.

**Основний матеріал.** Системи точного землеробства містять багато корисних інструментів та технологій, що можуть бути використані для отримання інформації про різні аспекти поля та умов роботи на ньому (Mikulina & Polyvani, 2023; Mikulina et al., 2023). Ось кілька способів, якими СТЗ можуть допомогти у проведенні аналізу:

1. Визначення хімічного складу ґрунту (датчики та збір зразків для лабораторного аналізу): в рамках СТЗ може проводитись аналіз зразків ґрунту з метою виявлення вмісту небезпечних елементів або забруднень, наприклад, важкими металами. Іншою метою таких досліджень є вимірювання рівню рН, вмісту поживних речовин (азот, фосфор, калій) та інших хімічних складових. Це дозволяє оцінити ризики, пов'язані зі здоров'ям робітників та споживачів продукції, врожайністю та складністю проведення агробіт.

2. Виявлення перешкод та обмежень (дистанційне зондування (супутникові зображення та аерофотознімки), використання радарів, лазерних датчиків та ультразвуку): в рамках СТЗ використовуються технологічні засоби для картографування поля і виявлення неочевидних перешкод або обмежень, які можуть впливати на проведення агробіт, наприклад, підземних трубопроводів, кабелів або нерівних шарів ґрунту, що можуть створювати труднощі або небезпеку для машин та обладнання (Mikulina et al., 2023; West & Kovacs, 2017).

3. Моделювання погодних умов (датчики погоди та геоінформаційні системи): в рамках СТЗ може проводитись збір даних про погоду, включаючи температуру, вологість, опади та інші параметри. З цими даними можна проводити моделювання, щоб оцінити вплив погодних умов на врожайність у конкретному місці або регіоні. Наприклад, можна прогнозувати вплив високої температури або недостатнього зволоження на вирощувані культури.

4. Оцінка ризиків для працівників: наявність датчиків шуму, небезпечних елементів у повітрі, системи сповіщення у разі небезпеки, використання маркерів або RFID-тегів на небезпечних ділянках або об'єктах тощо (Mikulina & Polyvani, 2022).

Оцінку умов роботи на полі після збору інформації може здійснювати як людина, так і спеціалізоване

програмне забезпечення (ПЗ), аналізуючи зібраний за допомогою технологічних пристроїв, у тому числі й в рамках СТЗ, масив даних. Розглянемо обидва варіанти:

1. Оцінка людини: У багатьох випадках, після збору відповідної інформації про умови на полі, експерт у сфері сільського господарства може провести аналіз та надати оцінку складності та безпечності умов роботи. Під час аналізу він враховує отриману інформацію від різних технологічних пристроїв, наприклад, датчиків погоди, датчиків твердості ґрунту, аерофотознімків тощо. Спеціалісти можуть використовувати власний досвід і експертні знання, щоб надати компетентну оцінку складності умов роботи на полі (Lowenberg-DeBoer, 2019).

2. Оцінка ПЗ: в рамках СТЗ може бути зібрана велика кількість даних, таких як погодні умови, хімічний склад ґрунту, фізичні параметри ґрунту тощо. Ці дані можуть бути занесені, проаналізовані й оброблені за допомогою спеціального програмного забезпечення. На основі цього аналізу може бути надана досить точна оцінка ступеня складності та безпечності умов роботи на полі (Balafoutis et al., 2017).

У деяких випадках аналіз може бути комбінованим, коли експерт та ПЗ оцінюють складність умов роботи на одному й тому самому полі для більшої точності в наданні кінцевої оцінки. Важливо зауважити, що точність оцінки залежатиме від якості зібраної інформації та компетентності людини чи пристрою, що здійснює оцінку.

Градація умов роботи на полі в сільському господарстві може бути характеризована наступними рівнями:

1 – Сприятливі умови: Цей рівень характеризується ідеальними умовами для виконання робіт на полі, які мало впливають на фізичний стан та продуктивність працівників. Наприклад, комфортна температура, низька вологість повітря, відсутність шкідливих факторів.

2 – Нормальні умови: Цей рівень вказує на умови, які зазвичай зустрічаються на полі і не суттєво впливають на продуктивність працівників. Наприклад, помірна температура, помірна вологість повітря, незначні перешкоди чи обмеження.

3 – Середні умови: Цей рівень вказує на деякі умови, які можуть ускладнити роботу на полі, але ще не є критичними. Наприклад, висока температура, підвищена вологість повітря, деякі обмеження чи перешкоди.

4 – Середньо-складні умови: Цей рівень вказує на складніші умови, які можуть значно утруднити роботу на полі. Наприклад, висока температура разом з високою вологістю, наявність шкідливих факторів, значні перешкоди чи обмеження.

5 – Складні умови: Цей рівень вказує на значні труднощі та обмеження, які суттєво впливають на продуктивність працівників на полі. Наприклад, екстремальні температури, висока вологість, важкі перешкоди чи обмеження.

6 – Дуже складні умови: Цей рівень вказує на дуже важкі умови, які вимагають великих зусиль та можуть негативно впливати на здоров'я та безпеку працівників. Наприклад, екстремальні температури разом з високою вологістю, високий рівень шкідливих факторів, значні перешкоди чи обмеження.

7 – Надзвичайно складні умови: Цей рівень вказує на надзвичайно важкі умови, коли виконання роботи на полі стає вкрай складним і небезпечним. Наприклад, екстремальні погодні умови, наявність небезпечних речовин, серйозні перешкоди чи обмеження.

8 – Майже неможливі умови: Цей рівень вказує на умови, при яких виконання роботи на полі майже неможливе через надзвичайну складність та небезпеку. Наприклад, екстремальні погодні умови, високий рівень шкідливих факторів, серйозні перешкоди чи обмеження.

9 – Небезпечні умови: Цей рівень вказує на небезпечні умови, при яких виконання роботи на полі стає вкрай небезпечним для життя та здоров'я працівників. Наприклад, високий ризик травм, небезпечні речовини, непередбачувані природні катастрофи.

Градація умов роботи напряму та опосередковано впливає на майже всі техніко-економічні, експлуатаційні та інші показники роботи МА. Прямі експлуатаційні витрати на виконання агроробіт розраховується за формулою (1).

$$Q = C_n + C_{ПММ} + C_e + A + C_{ТО} \quad (1)$$

де, Q – собівартість виконання агроробіт, грн/га;  $C_n$  – витрати на паливо, грн/га (вартість дизельного палива

в розрахунках приймали на рівні 49 грн/л);  $C_{ПММ}$  – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га (комплексну ціну ПММ в розрахунках приймали на рівні 280 грн/кг); A – амортизаційні відрахування, грн/га;  $C_{ТО}$  – витрати на ТО та ремонт, грн/га;  $C_e$  – витрати на оплату праці водіїв, грн/га (фіксовану ставку тракториста-машиніста 5-го розряду приймали на рівні 540 грн/год).

У дослідженні, з метою визначення впливу умов роботи на техніко-економічні показники експлуатації машинного агрегату, використовувались 5 МА, що склались з тракторів CASE IH та сівалок HORSCH. Їх склад та характеристики наведені в таблиці 1.

За результатами проведених досліджень та розрахунків була створена графічна модель впливу умов роботи на прямі експлуатаційні витрати на обробіток 1 гектара поля (рис. 1) та таблиці, які містять порівняльні значення техніко-економічних показників роботи МА на полі зі сприятливими умовами (табл. 2) та надзвичайно складними умовами (табл. 3) роботи (градація умов роботи – 1 та 7, відповідно).

Аналіз отриманих результатів порівняння показав, що в умовах даного експерименту, в середньому для 5-ти МА, відбувається падіння показників продуктивності, коефіцієнту робочих ходів та використання часу зміни приблизно на третину (–33%). Показники витрат,

Таблиця 1

Основні характеристики досліджуваних агрегатів для проведення посівних агроробіт

№ МА	Склад МА	Потужність двигуна ЕЗ, кВт	Питома витрата палива ЕЗ, гр*кВт/год	Експлуатаційна маса ЕЗ, т	Балансова вартість ЕЗ, \$	Макс. ширина захвату АМ, м	Експлуатаційна маса АМ, т	Місткість бункера АМ, л	Балансова вартість АМ, \$
1	Farmall JX 110 + Pronto 3 DC	81	213	3,9	28251	3	3,35	2800	29289
2	Maxxum 125 + Pronto 4 DC	89	258	4,9	49016	4	4,74	2800	38251
3	Puma 155 + Pronto 6 DC	142	240	5,85	40191	6	6,47	4000	41918
4	Puma 210 + Pronto 8 SW	178	268	7,74	46550	8	12,5	12000	105000
5	Optum 300 + Pronto 9 SW	230	249	11	119672	9	13,2	12000	132000

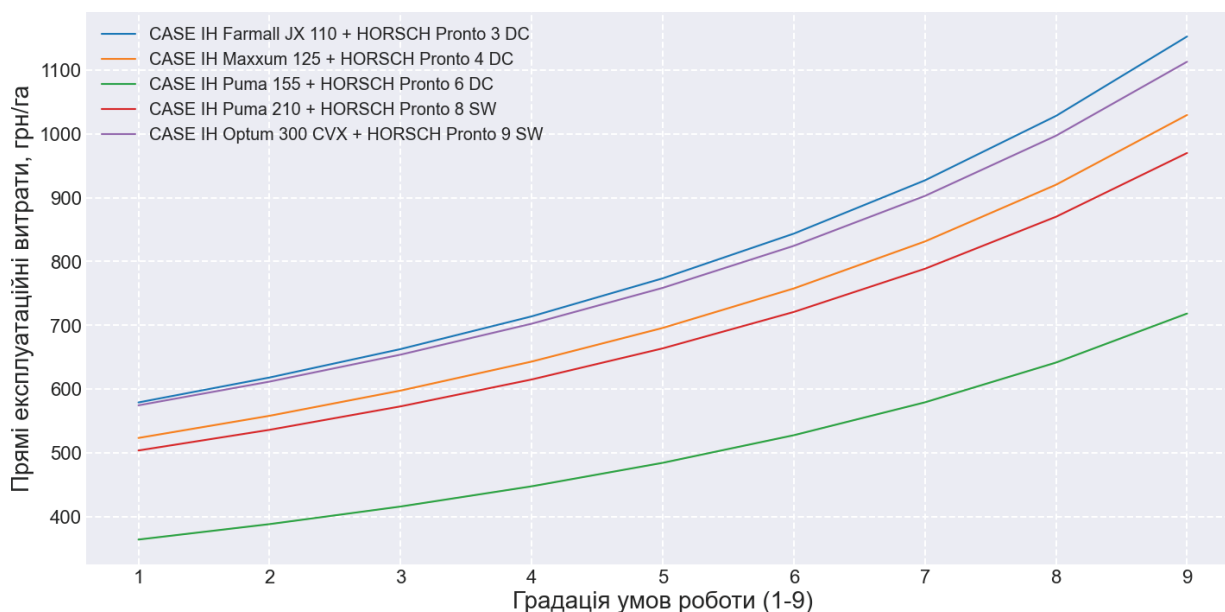


Рисунок 1. Вплив градації умов роботи агрегату на прямі експлуатаційні витрати, пов'язані з виконанням посівних робіт на полі

Таблиця 2

## Техніко-економічні показники роботи МА на полі зі сприятливими умовами (градація умов роботи – 1)

Склад МА	Продуктивність агрегату, га/год	Затрати праці, люд-год/га	Витрата палива, кг/га	Амортизація, грн/га	Вартість оливи, грн/га	Оплата праці, грн/га	Витрати на ТО та ПР, грн/га	Коефіцієнт робочих ходів	Коеф. використання часу зміни
Farmall JX 110 + Pronto 3 DC	3,34	0,3	5,16	254,34	17,32	182,31	44,24	0,93	0,77
Maxxum 125 + Pronto 4 DC	4,4	0,23	5,99	261,75	15,25	138,14	48,47	0,92	0,76
Puma 155 + Pronto 6 DC	6,39	0,16	5,56	189,84	9,74	95,15	32,98	0,91	0,75
Puma 210 + Pronto 8 SW	8,35	0,12	6,42	340,15	8,61	72,8	52,15	0,9	0,75
Optum 300 CVX + Pronto 9 SW	9,58	0,1	8,24	396,11	9,63	63,46	68,04	0,89	0,74

Таблиця 3

## Техніко-економічні показники роботи МА на полі з надзвичайно складними умовами (градація умов роботи – 7)

Склад МА	Продуктивність агрегату, га/год	Затрати праці, люд-год/га	Витрата палива, кг/га	Амортизація, грн/га	Вартість оливи, грн/га	Оплата праці, грн/га	Витрати на ТО та ПР, грн/га	Коефіцієнт робочих ходів	Коеф. використання часу зміни
Farmall JX 110 + Pronto 3 DC	2,26 (-32,3%)	0,44 (+46,7%)	8,7 (+69%)	376,1 (+48%)	43,2 (+150%)	269,6 (+48%)	65,41 (+48%)	0,63 (-32,2%)	0,52 (-32,5%)
Maxxum 125 + Pronto 4 DC	2,97 (-32,5%)	0,34 (+47,8%)	8,89 (+48%)	388,1 (+48%)	33,54 (+120%)	204,8 (+48%)	71,88 (+48%)	0,62 (-32,6%)	0,52 (-31,6%)
Puma 155 + Pronto 6 DC	4,28 (-33%)	0,23 (+43,8%)	8,29 (+49%)	283,3 (+49%)	21,69 (+123%)	142 (+49%)	49,21 (+49%)	0,61 (-33%)	0,51 (-32%)
Puma 210 + Pronto 8 SW	5,56 (-33,4%)	0,18 (+50%)	9,63 (+50%)	510,6 (+50%)	19,39 (+125%)	109,3 (+50%)	78,27 (+50%)	0,6 (-33,3%)	0,5 (-33,3%)
Optum 300 CVX + Pronto 9 SW	6,36 (-33,6%)	0,16 (+60%)	12,41 (+51%)	596,4 (+51%)	21,84 (+127%)	95,6 (+51%)	102,45 (+51%)	0,59 (-33,7%)	0,49 (-33,8%)
Середня зміна	-32,96%	+49,7%	+53,4%	+49,2%	+129%	+49,2%	+49,2%	-33%	-32,6%

водночас, зросли в діапазоні від +49,2% до +129%. Найбільше зростання продемонстрував показник витрат на паливо-мастильні матеріали – в 2,29 рази. Головною причиною цього стало одночасне падіння продуктивності роботи агрегату (-32,96%) та підвищення витрати палива та ПММ (+53,4%) на обробіток 1 га поля.

На рисунку 1 продемонстровано приблизний комплексний вплив оціненого рівня умов роботи на прямі експлуатаційні витрати з посівних робіт на полі. Проаналізувавши його, можемо дійти висновку, що з кожним рівнем збільшення складності умов роботи витрати зростають не лінійно. Середнє та загальне значення росту витрат при проведенні посівних робіт на полі з надзвичайно складними умовами (7), порівняно з полем зі сприятливими умовами (1), відповідно, для 5-ти МА наступні: МА 1–10,06%, 60,3%; МА 2–9,84%, 59,1%; МА 3–9,82%, 58,9%; МА 4–9,67%, 58%; МА 5–9,56%, 57,4%. Тобто в середньому загальне зростання склало: +58,74%.

**Висновок.** У даній роботі було проведено комплексний аналіз сучасних способів оцінки умов роботи машинного агрегату на сільськогосподарських полях з використанням СТЗ. Дослідження мало на меті визначити вплив умов роботи на техніко-економічні показники й прямі експлуатаційні витрати під час виконання польових робіт.

В результаті аналізу новітніх способів оцінювання умов роботи було доведено, що градація умов роботи МА на полі є складним і комплексним параметром, який значно й не лінійно впливає на всі його техніко-економічні показники.

На основі проведених досліджень та розрахунків була створена графічна модель впливу умов роботи на прямі експлуатаційні витрати, пов'язані з посівними операціями на 1 га поля, а також таблиці з порівняльними значеннями техніко-економічних показників роботи МА на полі зі сприятливими та надзвичайно складними умовами роботи.

Аналіз результатів досліджень показав, що в умовах даного експерименту спостерігається зниження продуктивності, коефіцієнту робочих ходів та використання часу зміни МА на полі приблизно на третину (-33%) при надзвичайно складних умовах роботи, порівняно зі сприятливими умовами. В той же час, показники витрат зросли в діапазоні від +49,2% до +129%. Середнє значення росту витрат при проведенні посівних робіт на полі з надзвичайно складними умовами (7), порівняно з полем зі сприятливими умовами (1), в середньому для 5-ти МА склало: +58,74%.

На основі результатів досліджень можна зробити висновок, що умови роботи машинного агрегату на сільськогосподарських полях є важливим параметром, який значно впливає на всі техніко-економічні показники. Дані дослідження сприятимуть покращенню ефективності використання МА на полі, більш точному плануванню фінансових витрат аграрним підприємством, раціональному плануванню строків та ризиків проведення агробіт та оптимізації експлуатаційних витрат. В подальшому, можна рекомендувати проведення додаткових досліджень впливу різних факторів на умови роботи МА для забезпечення їх оптимального функціонування в аграрному секторі.

### Бібліографічні посилання:

1. Balafoutis A., Beck B., Fountas S., Vangeyte J., Van der Wal T., Soto I., ... & Eory V. Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*. 2017. Vol. 9(8). P. 1339. doi: 10.3390/su9081339
2. Kutsyi M.O. & Teslenko O.E. Zbir ta avtomatyzovana obrobka bazovoi informatsii dlia system tochnoho zemlerobstva – [Collection and automated processing of basic information for precision agriculture systems]. *Problemy konstruiuvannia, vyrobnytstva ta ekspluatatsii silskohospodarskoi tekhniki* : materialy X Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Kirovohrad : KNTU, 2015. 205 p. [in Ukrainian]
3. Lowenberg-DeBoer J. The economics of precision agriculture. *Precision agriculture for sustainability*. Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. P. 481-502. doi: 10.1201/9781351114592
4. Melnyk V.I., Tsyhanenko M.O. & Anikieiev O.I. Vyznachennia dodatkovoho prybutku za rakhunok vykorystannia elementiv systemy tochnoho zemlerobstva – [Determination of additional profit due to the use of elements of the precision farming system]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka*. 2014. Vol. 148. P. 159–164. [in Ukrainian]
5. Mikulina M. Economic security of the development of agrarian formations / M. Mikulina, A. Polyvanyi. *Sustainable Development in Wartime Ukraine and the World* : multidisciplinary conference for young researchers (November 25, 2022). Prague, 2022. P. 22–24. doi: 10.25140/978-80-213-3242-3-2022
6. Mikulina M., Polyvanyi A., Bondarenko V. Tekhniko-ekonomichna otsinka vykorystannia system i tekhnologii v roslinnytstvi – [Technical and economic assessment of the use of systems and technologies in crop production]. *Science and technology: problems, prospects and innovations* : proceedings of the 8th International scientific and practical conference / CPN Publishing Group. Osaka, Japan, 2023. P. 18–22. [in Ukrainian]
7. Mikulina M.A., Polyvanyi A.D., Kliesch O.V., Tymchenko V.O. & Klymenko D.V. Current trends in cooperation between ukrainian and american transport systems. *Progressive research in the modern world* : proceedings of the 7th International scientific and practical conference (March 29–31, 2023). CPN Publishing Group, Boston, USA, 2023. P. 186–190.
8. Mikulina M.O. & Polyvanyi A.D. Metodichni pidkhody stosovno vyvchennia vplyvu typu khodovoi systemy traktoriv na tekhniko-ekonomichni pokaznyky – [Methodical approaches to the study of the influence of the type of tractor running system on technical and economic indicators]. *Science and innovation of modern world* : proceedings of the 5th International scientific and practical conference (January 25–27, 2023). Cognum Publishing House, London, United Kingdom, 2023. 672 p. [in Ukrainian]
9. Truskavetskyi S.R., Byndych T.Yu., Koliada L.P. Viatkin K.V. & Sherstiuk O.I. Vykorystannia danykh suputnykovoi ziomyky v systemakh tochnoho zemlerobstva – [Use of satellite survey data in precision farming systems]. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*. 2017. Vol. 1(7). P. 29–35. [in Ukrainian]
10. West G.H., Kovacs K. Addressing Groundwater Declines with Precision Agriculture: An Economic Comparison of Monitoring Methods for Variable-Rate Irrigation. *Water*. 2017. Vol. 9. No. 1. ISSN 2073-4441. doi: 10.3390/w9010028

**Mikulina M.O.**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Polyvanyi A.D.**, Doctor of Philosophy, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Sarzhanov B.O.**, Graduate Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **Analysis of working conditions on agricultural fields using pas and their connection to economic productivity**

This paper presents an analysis of modern methods for assessing the working conditions of a machine unit (MU) in the field using precision agriculture systems (PAS) and the impact of working conditions on technical-economic indicators and direct operational expenses during field operations. The article provides an analysis of innovative methods for evaluating working conditions (overall complexity and safety of agricultural work). The evaluation methods include: analysis of soil chemical composition using sensors and sample collection for laboratory analysis; identification of obstacles and constraints through remote sensing (satellite imagery and aerial photographs), the use of radar, laser sensors, and ultrasound; modeling of weather conditions using weather sensors and geoinformation systems; risk assessment for workers using mobile applications and notification systems, emergency alarms, and the use of markers or RFID tags in hazardous areas or objects. In the study, modern foreign equipment from companies such as CASE IH and HORSCH was used to determine the impact of working conditions on the technical-economic indicators of machine unit operation. Five machine units with different compositions performing operations related to the sowing of cereal crops were investigated in the field. Based on the results of the conducted research and calculations, a graphical model of the impact of working conditions on direct operational expenses per hectare of field cultivation and tables containing comparative values of technical-economic indicators of machine unit operation under favorable and extremely challenging working conditions (work condition gradation – 1 and 7, respectively) were created. The analysis of the obtained results showed that, on average for the 5 machine units in the conditions of this experiment, there is a decrease in productivity indicators, the coefficient of operating runs, and the utilization of shift time by approximately one-third (–33%). At the same time, the cost indicators increased in the range of +49.2% to +129%. However, the cost increase was not linear with each level of increased working condition complexity. The average cost increase for conducting sowing operations in the field under extremely challenging conditions (7), compared to the field under favorable conditions (1), amounted to +58.74% on average for the 5 machine units.

**Key words:** working conditions, precision agriculture systems (PAS), direct operational expenses, machine unit (MU).