

ЗМІНА ЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ҐРУНТУ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ АГРОРОБІТ У РОСЛИННИЦТВІ**Зубко Владислав Миколайович**

доктор технічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-2426-2772
vladyslav.zubko@snau.edu.ua

Тарельник В'ячеслав Борисович

доктор технічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-2005-5861
tarelnik@i.ua

Мікуліна Марина Олександрівна

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

Хворост Тетяна В'ячеславівна

кандидат економічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-8863-8126
tetiana.khvorost@snau.edu.ua

Поливаний Антон Дмитрович

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

Дана стаття присвячена вивченню факторів, що впливають на зміну питомого опору машинного агрегату під час механізованих технологічних операцій у землеробстві. В результаті проведеного аналізу та на підставі обчислювального експерименту було визначено, що затуплення леза робочих органів, тип і особливості ґрунту, а також швидкість і умови роботи машинних агрегатів є факторами, що чинять найбільший вплив на створюваний опір ґрунту робочим органам і на якість обробітку, сівки та врожайність. Зокрема, затуплення леза та утворення зворотної фаски негативно впливає на якість сівки та врожайність зернових культур через переущільнення ґрунту борозни, що перешкоджає підведенню капілярної вологи до насіння та проникненню коренів рослини в нижні шари ґрунту.

Дослідження показало, що зношення робочих органів і питомий опір машинного агрегату є взаємозалежними. Підвищений опір призводить до зниження ефективності роботи, перевитрати палива, прискореного зношування поверхні робочих органів та зниження врожайності.

Проведені дослідження показали істотний вплив швидкості на техніко-експлуатаційні показники роботи машинного агрегату, зокрема на продуктивність роботи, витрати палива та собівартість обробітку гектара поля. Графічні моделі демонструють зростання продуктивності роботи при збільшенні робочої швидкості, а також більшу інтенсивність зміни продуктивності роботи при використанні машинних агрегатів з більшим числом корпусів. Крім того, вони відображають вплив швидкості роботи на витрату палива машинних агрегатів. Витрата палива при роботі машинних агрегатів з нормальним навантаженням, повинна бути тим менша, чим менша кількість корпусів наявна в агромашині, що закріплена за ним при умові ідентичності інших вихідних даних та однакової швидкості роботи. Як показали експерименти, ця тенденція не проглядалася в повній мірі, машинний агрегат у складі John Deere 6095 B + EurOpal 5, що мав найменшу кількість корпусів з-поміж порівнюваних варіантів, мав підвищену витрату палива, що свідчить про його роботу з перевантаженням.

Також графічні моделі продемонстрували вплив швидкості на собівартість виконання польових робіт. Зі збільшенням швидкості в діапазоні від 5 до 12 км/год та кількості корпусів в конструкції агромашини все менше коштів потрібно для обробітку одного гектара поля. Крім того, з кожним наступним збільшенням числа корпусів в конструкції агромашини на один, різниця в собівартості в порівнянні з попереднім варіантом була все менше.

Ключові слова: машинний агрегат, робочий орган, зношення, питомий опір.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.5>

Постановка проблеми. Виконання кожної механізованої технологічної операції направлено на забезпечення умов для росту і розвитку культур, що в кінцевому випадку впливає на врожайність. Виконання механізованих технологічних операцій в аграрному виробництві складається з багатьох елементів, кожен з яких має вплив на ефективність її виконання. З точки зору агротехніки основна задача – забезпечення потреб рослин, на які суттєвий вплив має зношення робочих органів агротехніки. Ступінь зношення має суттєвий вплив як на забезпечення якості, так і на показник витрати енергії на виконання механізованої технологічної операції.

Підвищеному зношенню піддаються робочі органи, які працюють безпосередньо у ґрунті. Водночас, не існує залежності ступеня зношення робочих органів агротехніки від наробітку. Це пов'язано з умовами використання техніки, а саме типу ґрунту, його вологості, глибини обробітку, кута нахилу місцевості, грудкуватості, наявності рослинних решток, глибини розташування плужної підшви, матеріалу, з якого виготовлено робочий орган та багатьох інших.

Розглядаючи орні агрегати встановлено, що відповідно до ступеня зношення робочих органів та затуплення ріжучої кромки зростає питомий опір плуга. Як наслідок, при підвищеному опорі машини знижується ефективність та якість обробітку ґрунту, виникає перевитрата палива, прискорене зношування поверхні робочих органів та знижується врожайність, виникають додаткові вібрації та підвищене зношення деталей і вузлів як енергетичного засобу, так і агромашини, збільшується час на виконання технологічних операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З аналізу літературних джерел на тему обробітку ґрунту та ґрунтообробних машин відомо, що при підвищеному зношенні робочих органів, виникають додаткові сили опору, перевитрата палива та зниження якості обробітку ґрунту.

Дослідженням проблем впливу питомого опору агротехніки на забезпечення якості та показник витрати енергії на виконання механізованої технологічної операції займалися такі вчені, як І.Л. Роговський (Rogovskii et al., 2020), Д.Б. Бернштейн (Bernshtein, 2012), В.І. Беляєв (Bieliaiev et al. 2009) та інші.

Мета досліджень. Мета дослідження полягає у встановленні залежності зношення робочих органів та режимів роботи, на прикладі зміни робочої швидкості машинних агрегатів під час виконання механізованих технологічних операцій, на основні техніко-експлуатаційні показники.

Основний матеріал. Значення питомого опору агротехніки – один з визначальних факторів впливу на якість обробітку та ефективність використання аграрної техніки в цілому. Даний показник у значній мірі визначає експлуатаційні витрати на обробіток 1 га площі, навантаження на енергетичний засіб (в більшій мірі) та врожайність. Враховуючи цей факт, необхідно дослідити фактори, які мають істотний вплив на зміну значення показника питомого опору агромашини і на те, як саме підвищення опору може вплинути на якість виконання технологічної операції і, як результат, на врожайність.

Згідно (Zubko & Melnyk 2018; Zubko et al., 2018), зміна питомого опору ґрунту відбувається за рахунок затуплення робочих поверхонь органів, робочої швидкості машинного агрегату під час обробітку ґрунту, зміни типу й особливостей ґрунту. Ці три складові мають ключовий вплив на реальний питомий опір під час виконання роботи.

Фактори, що впливають на затуплення леза.

В більшості випадків питомий опір робочого органу плуга визначається з використанням леза леміша у заводському стані, тобто не бувшого в експлуатації. На практиці, такий «ідеальний» стан робочих органів зберігається зовсім не довго і становить вкрай малу частку загального терміну експлуатації. Більшу частину часу робочий орган, наприклад леміш, працює в стані різного ступеня зношення, причому цей параметр залежить як від стану і фізико-хімічних властивостей середовища, так і від геометричної форми леміша.

Лезо має свої особливості переміщення в товщі ґрунту. Якщо воно гостре, тобто має дуже малий радіус сполучення пересічних площин клину, то при контакті з твердими частинками ґрунту і домішками, такими як коріння, каміння й інше, знаходиться під великим тиском. В результаті дії цього тиску відбувається округлення кромки і її зминання. Процес стирання носової частини робочого органу відбувається до моменту, поки він стабілізується, що залежить від властивостей ґрунту.

Можна уявити, що переріз затупленого леза буде мати форму дуги кола, яка під час своєї роботи у товщі ґрунту стикається з частинкою цього ґрунту в точці А (рис. 1), тоді можливість проковзування частинки по поверхні робочого органу визначається умовою:

$$\delta < 90 - \varphi, \quad (1)$$

де: δ – кут, утворений площиною симетрії леза і площиною, що дотикається до нього в точці, що розглядається; φ – кут тертя сталі по ґрунту.

При $\delta > 90 - \varphi$, частинки не зможуть проковзувати по поверхні леза і будуть вдавлюватися в ґрунт. В результаті створюється так звана зона зминання (Zubko et al., 2022).

Отже, зона зминання, що формується під дією затупленого леза, залежить від його товщини та величини тертя ґрунту по сталі. З цього випливає, що тим буде більша зона зминання, чим більша величина сили тертя буде у леза. З іншого боку, у ґрунті присутнє внутрішнє тертя, при роботі робочого органу відбувається руйнація зв'язків між частинками ґрунту та відносно їх переміщення. Таким чином, у ґрунті з'являється ще й внутрішній опір, який характеризується силами саме внутрішнього тертя. Тобто, тяговий опір зношеного робочого органу визначається силами внутрішнього тертя у ґрунті і тертям сталі по ґрунту (Varabash et al., 2022).

Вплив типу й особливостей ґрунту на його опір робочим органам.

Стан і механічний склад ґрунту чинять вплив не тільки на швидкість та інтенсивність зношування поверхні робочих органів, а й на його характер. Це дуже помітно

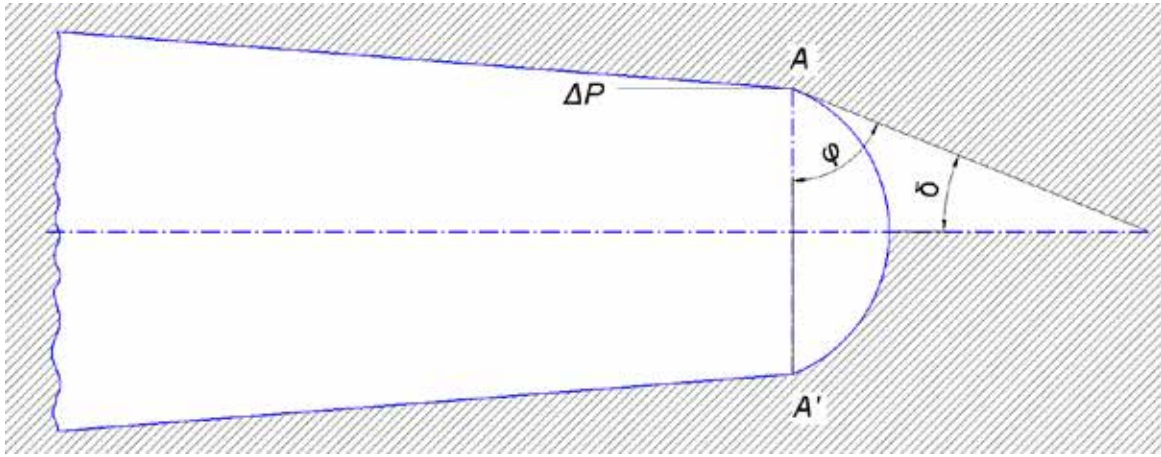


Рис. 1. Параметри і геометрична форма ріжучого леза робочого органу

на прикладі затуплення дискових борін, лемішів та лап культиваторів. Під час роботи у важких глинистих і суглинистих ґрунтах леза та польові обрізи лемішів округляються та набувають овальної форми. В супіщаних та піщаних ґрунтах вони стираються та втрачають ресурс досить інтенсивно як за шириною, так і за товщиною. Лезо у цей час може зберегти свою відносну гостроту, але на його тильному боці формується різко виражена потилична фаска, а на лицьовій стороні формується глибока канавка, відбувається заокруглення носка за профілем.

Відповідно до даних різних науковців (Hoormazdi et al., 2019; Pohorilyi, 2015; Demin, 2023; Mikulina & Polyvanui, 2023) у залежності від таких параметрів, як ступінь зношення леза, твердості ґрунтів та їх типу, утворення фаски стає причиною збільшення тягового опору на 20-60 % (рис. 2). При роботі леміша у глинистих ґрунтах його лицьова сторона практично не зношується, в суглинистих ґрунтах присутнє незначне зношування, а при роботі в піщаних ґрунтах робочий орган зношується інтенсивно.

Окрім типу ґрунтів значний вплив на швидкість та характер зношування робочих органів, а отже і на питомий опір, має їх вологість. Наприклад, суглинистий чорнозем

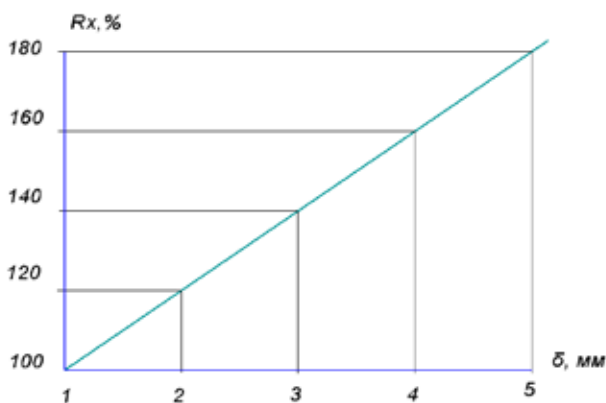


Рис. 2. Вплив товщини леза леміша на тяговий опір плуга

вологістю 10 % буде «зношувати» робочі органи приблизно в 6 разів швидше, ніж при вологості 26 %. Згідно (Lysenkov & Demin, 2022) залежності інтенсивності зносу леміша по ширині від абсолютної вологості ґрунту у діапазоні 8-28 % має гіперболічний характер:

$$\Delta l = A \div B_n - H \quad (2)$$

де: Δl – інтенсивність зносу леміша по ширині;

B_n – абсолютна вологість;

A та H – постійні коефіцієнти; для лемішів із заводською термообробкою вони дорівнюють 18 і 0,54.

Вплив швидкості та глибини обробки на питомий опір ґрунту.

Різна швидкість зношування різних частин поверхні робочих органів аграрної техніки обумовлена, в першу чергу, різницею в питомих навантаженнях ґрунтових мас на леза в різних їх точках, а також залежить від прискорення контактуючих частинок та від швидкості проковзування.

Згідно (Frolova et al., 2021), на робочій поверхні леміша розподілення питомого опору відбувається нерівномірно, при роботі в супіщаних ґрунтах з вологістю 10-14 % на 1 м шляху в носовій зоні відбувається приблизно 60 коливань. Максимальні значення питомого опору в нижній частині носової зони при швидкості 1,4 м/сек на глибині 22 см досягають 16-18 кг/см². Найбільші навантаження відчуває носова частина леміша. Середні значення питомого опору у зоні носка в 4,6-12,8 разів більші середніх значень в його центральній частині. Найбільш чутлива до зміни режиму оранки зона носка леміша.

Зростання швидкості або більше заглиблення робочих органів під час польових робіт веде до швидкого збільшення опору в носовій частині леміша, ближче до низу, і його перерозподілу в інших місцях. Аби полегшити роботу носової частини леміша, в конструкцію можна включити передплужник або дисковий ніж. Найбільший знос поверхні робочих органів відбувається, відповідно, у місцях з найбільшим тиском ґрунтових мас на одиницю площі. Середній питомий опір ґрунту в залежності від швидкості, глибини оранки та інших параметрів наведений в табл. 1.

На основі проведеного аналізу літературних джерел та проведених польових досліджень встановлено, що

Питомий опір ґрунту при різній глибині та швидкості оранки

Швидкість (м/сек)	Глибина оранки (см)	Середній питомий опір (Па)		Загальна сила тяги плуга (кН)
		в носовій зоні p_n	в середній та задній частині леміша $p_{срп}$	
З передплужником				
0,8	22	$11,6 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	21,9
1,1	22	$15,4 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	21
1,4	22	$17,7 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$	21,7
0,8	17	$8,4 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	18,3
0,8	27	$14,9 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$	31,2
З дисковим ножем				
0,8	22	$11,9 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	17,5
0,8	22	$12,9 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	20,6

робоча швидкість має істотний вплив на продуктивність, витрати палива та собівартість виконання оранки.

Результати проведених обчислювальних експериментів ефективності використання орних агрегатів у складі:

– John Deere 6095 В з плугом EurOral 5 LEMKEN (трьох корпусний);

– John Deere 6110 В з плугом EurOral 6 LEMKEN (чотирьох корпусний);

– John Deere 7530 з плугом EurOral 8 LEMKEN (п'яти корпусний);

– John Deere 7830 з плугом EurOral 9 LEMKEN (шести корпусний) наведені на рис. 3.

З наведених графіків видно, що робоча швидкість машинних агрегатів має істотний вплив на основні техніко-експлуатаційні показники їх роботи. Створені графічні моделі показали, що при зростанні робочої швидкості спостерігається підвищення продуктивності роботи з одночасним зниженням витрати палива та собівартості обробітку гектара поля.

Крім того, в результаті дослідження було встановлено, що інтенсивність зміни продуктивності роботи машинного агрегату (рис. 3, а) при зміні робочої швидкості вища при використанні в його складі агромашини з більшою шириною захвату. У трактора John Deere 6095 В з плугом EurOral 5 LEMKEN, що складається з трьох корпусів, зі зростанням робочої швидкості роботи з 5 до 12 км/год продуктивність в га/год збільшилась з 0,37 до 0,81, тобто на 118,9 %, в той час, як у трактора John Deere 7830 з плугом EurOral 9 LEMKEN, що складається з шести корпусів, цей показник склав 136,8 %, з 0,68 га/год на швидкості 5 км/год до 1,61 га/год на швидкості 12 км/год.

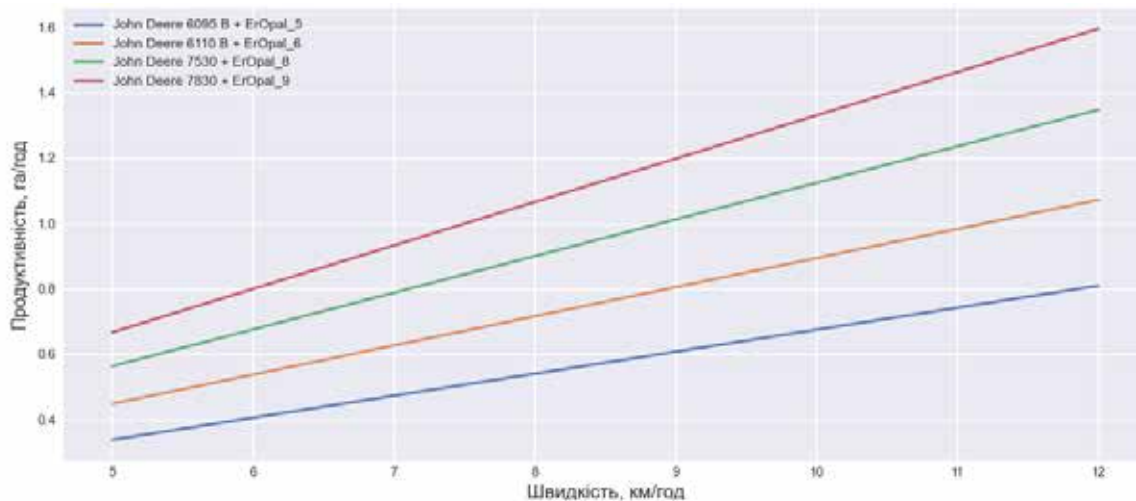
На рис. 3, б, що представлено вплив робочої швидкості на витрату палива машинних агрегатів, у нормальних робочих умовах повинна спостерігатися чітка тенденція до зниження витрати палива енергетичним засобом зі зменшенням кількості корпусів агромашини, з якою він працює. Тобто, витрата палива при роботі машинних агрегатів з нормальним навантаженням, повинна бути тим менша, чим менша кількість корпусів наявна в агромашині, що закріплена за ним при умові ідентичності

інших вихідних даних та однакової швидкості роботи. Як видно з графіка, ця тенденція не проглядається в повній мірі, машинний агрегат у складі John Deere 6095 В + EurOral 5, що має найменшу кількість корпусів з-поміж порівнюваних варіантів, у разі його роботи у нормальних умовах, повинен витратити приблизно 11 кг палива на 1 га поля при швидкості роботи 5 км/год та приблизно 7,9 кг/га при швидкості 12 км/год. У нашому ж випадку енергетичний засіб має чітко виражену перевитрату палива, витрачаючи 14,3 кг/га при швидкості роботи 5 км/год та 10 кг/га при швидкості роботи 12 км/год, що становить 130 % та 126,6 % від нормального рівня відповідно. Це, в свою чергу, свідчить про його роботу з перевантаженням, причиною чого може бути неправильно підібраний склад машинного агрегату.

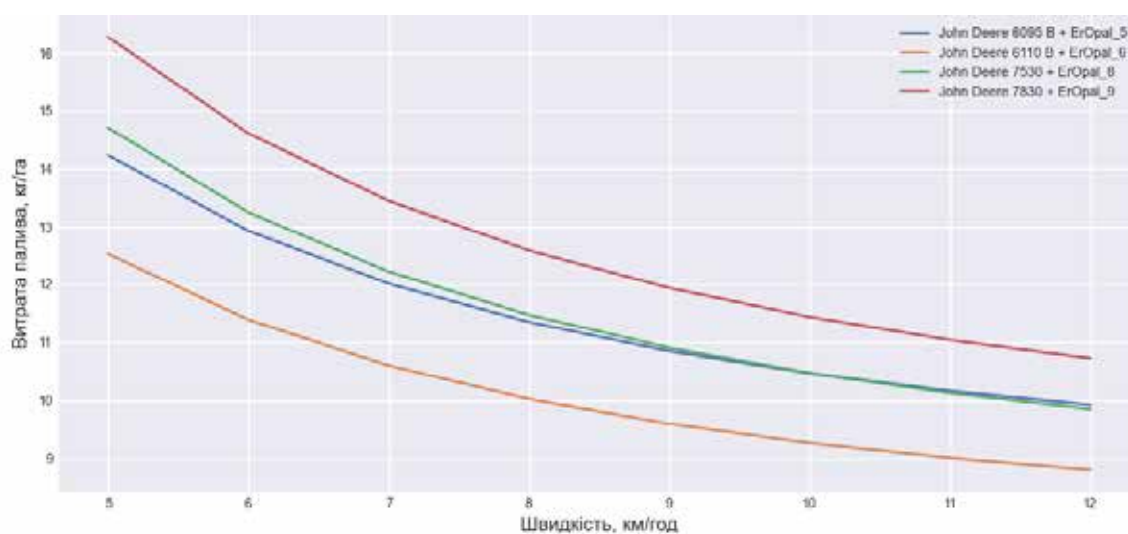
З рис. 3, в, видно, що швидкість має значний вплив на собівартість виконання польових робіт. З її збільшенням в діапазоні від 5 до 12 км/год все менше коштів потрібно для обробітку одного гектара поля. Прикладом в даному випадку може слугувати машинний агрегат у складі John Deere 7830 + EurOral 9, зі збільшенням його робочої швидкості в зазначеному діапазоні собівартість обробітку одного гектара поля поступово знижується за гіперболічним законом з 5160 грн/га при 5 км/год до 1970 грн/га при 12 км/год, що характеризує падіння на 61,82 %, тобто приблизно в 2,5 рази. Крім того, з графіку видно, що собівартість оранки тим менша, чим більша кількість корпусів наявна в конструкції агромашини, при чому з кожним наступним збільшенням числа корпусів в конструкції агромашини на один, різниця в собівартості в порівнянні з попереднім варіантом все менше.

З цього можна зробити висновок, що існує деякий діапазон кількості корпусів у складі агромашини, який можна вважати оптимальним з точки зору витрат і при виході за межі якого в будь-яку із сторін відбувається різке підвищення собівартості оранки.

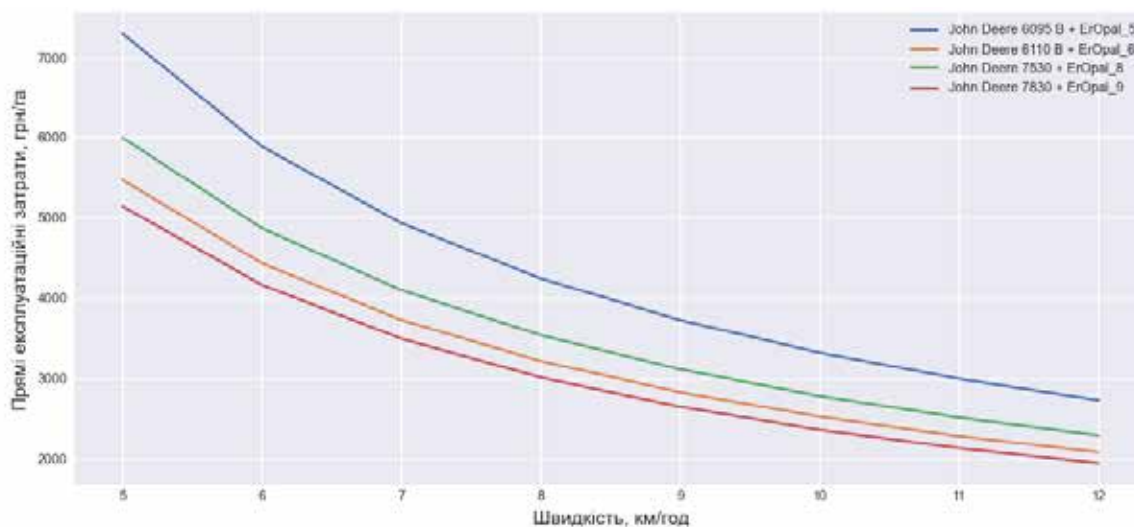
Між швидкістю роботи, питомим опором й інтенсивністю зношування в різних точках леміша та відвалу відсутня безпосередня залежність. Наприклад, при всіх інших змінних параметрах, у передній частині леміша опір у півтора, а швидкість зношування в 4-6 разів більша, ніж



а)



б)



в)

Рис. 3. Вплив робочої швидкості машинних агрегатів у складі: – John Deere 6095 B + EurOpal 5; John Deere 6110 B + EurOpal 6; John Deere 7530 + EurOpal 8; John Deere 7830 + EurOpal 9 на а) продуктивність; б) витрату палива та в) собівартість виконання оранки

у середній та задній частині (Макаренко, 2017). Це відбувається через те, що у місцях прикладання найбільшого тиску та порівняно незначного зношування швидкість проковзування ґрунту невелика. В даному випадку має місце деформаційне ковзання, під час якого, на відміну від кінематичного, швидкість відносного переміщення частинок ґрунту досить низька.

Вплив підвищеного опору ґрунту на ефективність обробітку та на врожайність

Всі вище описані причини підвищення опору ґрунту та прискореного зношення робочих органів безальтернативно ведуть до зниження якості обробітку ґрунту та якості сівби зернових культур. Майже всі тести, що проводяться для визначення якості обробітку або сівби та їх впливу на врожайність проводяться компаніями-виробниками в «ідеальних» умовах з новими, ще не зношеними робочими органами, але, як вже було визначено раніше, вони перебувають у такому стані дуже незначний проміжок часу, після чого відбувається підвищення опору та падіння якості обробітку й сівби.

Згідно (Dotsenko et al., 2018), для оцінки впливу зношених робочих органів на якість сівби (СПВ, %) та врожайність (В, ц/га), необхідно виміряти параметри зносу b_{ϕ} (величина зворотної фаски) та A_{max} (кут зношення, у залежності від напрацювання, рис. 4), що дозволить виявити такі важливі зв'язки між цими величинами:

$$C_{пв} = 11,1 - 11,5b_{\phi}^{-0,5} - 8,9\sin(A_{max}) + 15,2b_{\phi}^{-0,5}\sin(A_{max}); \quad (3)$$

$$B = 5,09 + 7,97b_{\phi}^{-0,5} - 1,38b_{\phi}^{-0,5}\sin(A_{max}) - 2,57b_{\phi}^{-1} + 1,31\sin^2(A_{max}). \quad (4)$$

Проведений аналіз отриманих рівнянь показує, що зі збільшенням ширини зворотної фаски від 1 до 7 мм і зменшенні її кута від 58 до 11° відбувається зниження польової схожості від 2,2 до 10,2%, а врожайність падає на 38-40% порівняно з еталонними ділянками, сівба на яких здійснювався новими лапами.

Висновки. В процесі аналізу, досліджень та підрахунків нами були визначені основні фактори впливу на зростання питомого опору машинного агрегату під час виконання механізованих технологічних операцій.

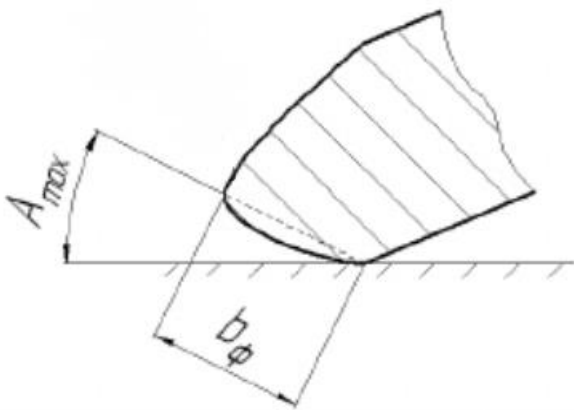


Рис. 4. Замірювані параметри зносу робочого органу (9)

Найвпливовішими факторами були названі: затуплення леза робочих органів, тип й особливості ґрунту та швидкість й умови роботи транспортних агрегатів під час польових робіт. Ці складові ключовим чином впливають на опір, який ґрунт чинить робочим органам й, як наслідок, на якість обробітку, посіву та врожайність.

На підставі аналізу літературних джерел встановлено, що затуплення леза та утворення зворотної фаски негативно впливає на якість сівби та врожайність зернових культур. Це обумовлено переущільненням дна борозни, яке перешкоджає підведенню капілярної вологи до насіння після посіву, а згодом і проникненню коренів рослини в нижні шари ґрунту. Ущільнення ґрунту на дні борозни тим вище, чим більша величина зворотної фаски леза і чим менший кут її нахилу до дна борозни.

Встановлено залежність зношення робочих органів та питомого опору машинного агрегату. При підвищеному опорі знижується ефективність його обробітку, виникає перевитрата палива, прискорене зношування поверхні робочих органів та знижується врожайність, виникають додаткові вібрації, та підвищене зношення деталей і вузлів як енергетичного засобу, так і агромашини, збільшується час на виконання технологічних операцій. Так, зі збільшенням ступеня затуплення робочих органів питомий опір агромашини зростає.

Проведеними дослідженнями встановлено істотний вплив швидкості на основні техніко-експлуатаційні показники роботи машинного агрегату. Створені графічні моделі показали, що при збільшенні робочої швидкості відбувається зростання продуктивності роботи з одночасним зниженням витрати палива та собівартості обробітку гектара поля. Крім того було встановлено, що інтенсивність зміни продуктивності роботи вища при використанні машинних агрегатів з більшим числом корпусів. Машинний агрегат у складі John Deere 6095 В + EurOpal 5, що мав найменшу кількість корпусів з-поміж порівнюваних варіантів, мав підвищену витрату палива, що свідчить про його роботу з перевантаженням. Також було встановлено, що зі збільшенням швидкості в діапазоні від 5 до 12 км/год та кількості корпусів в конструкції агромашини все менше коштів потрібно для обробітку одного гектара поля. Крім того, з кожним наступним збільшенням числа корпусів в конструкції агромашини на один, різниця в собівартості в порівнянні з попереднім варіантом була все менше. З цього можна зробити висновок, що існує деякий діапазон кількості корпусів у складі агромашини, який можна вважати оптимальним з точки зору витрат і при виході за межі якого в будь-яку із сторін відбувається різке підвищення собівартості оранки.

Водночас, не існує залежності ступеня зношення робочих органів агротехніки від наробітку.

Існує велика кількість проведених досліджень стосовно того, як волога, тип ґрунту та інші показники впливають на питомий опір робочих органів але, на сьогоднішній день, не має методики, чи, тим більше, розробленого прототипу пристрою, який дав би нам можливість визначати ступінь зношення робочих органів та встановлювати час для проведення технічного обслуговування машинного агрегату.

Бібліографічні посилання:

1. Barabash, G. I., Mikulina, M., & Polyvanyi, A. D. (2022). METODYCHNI TA EKONOMICHNI PIDKHODY VIDNOSNO VYZNACHENNA VYTRAT PALLYVA TRANSPORTNYKH ZASOBIV PRY PEREVEZENNI ZERNA VID ZERNOZBYRALNYKH KOMBAINIV. [Methodological and economic approaches regarding the determination of fuel consumption of vehicles when transporting grain from grain harvesters]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seriya: Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkh protsesiv, (2 (44)), 13-16. (in Ukrainian) doi:10.32845/msnau.2021.2.3
2. Bernshtein D.B. (2012). Abrazyvne znoshuvannia lemishnoho leza ta pratsezdatsniist pluha. Traktory ta silhospmashyny. [Abrasive wear of the plow blade and plow performance. Tractors and agricultural machines]. – № 6. – S. 40-45 (in Ukrainian).
3. Bieliaiev, V.I., Kryvochurov, N.T., Shaikhudinov, A.S., Ivanaiskyi, V.V. Vplyv parametriv znosu robochykh orhaniv siialkykultyvatora na yakist sivuvannia i vrozhaunist yarovoi pshenytsi. [The influence of wear parameters of the working organs of the seeder-cultivator on the quality of sowing and the yield of spring wheat.]. Visnyk Altaiskoho derzhavnogo aharnoho universytetu. – 2009. – № 7. – S. 50-53. (in Ukrainian)
4. Demin, D. (2023). Experimental and industrial method of synthesis of optimal control of the temperature region of cupola melting. EUREKA: Physics and Engineering, 2, 68–82. doi:10.21303/2461-4262.2023.002804
5. Dotsenko, Y., Dotsenko, N., Tkachyna, Y., Fedorenko, V., Tsybul'skyi, Y. (2018). Operation optimization of holding furnaces in special casting shops. Technology Audit and Production Reserves, 6 (1 (44)), 18–22. doi:10.15587/2312-8372.2018.150585
6. Frolova, L., Shevchenko, R., Shpyh, A., Khoroshailo, V., Antonenko, Y. (2021). Vybir optymalnykh poiednan Al–Si v chavuni dlia vylyvykiv mashynobudivnoho pryznachennia. [Selection of optimal Al–Si combinations in cast iron for castings for engineering purposes]. EVRYKA: Fyzyka ta inzhynierii, 2, 99–107. (in Ukrainian) doi:10.21303/2461-4262.2021.001694
7. Hoormazdi G., K pferle J., R ttger A., Theisen W., Hack K. A (2019). Concept for the Estimation of Soil Tool Abrasive Wear Using ASTM G65 Test Data. International Journal of Civil Engineering. No 17. P. 103-111. doi:10.1007/s40999-018-0333-9
8. Lysenkov, V., Demin, D. (2022). Reserves of resource saving in the manufacture of brake drums of cargo vehicles. ScienceRise, 3, 14–23. doi:10.21303/2313-8416.2022.002551
9. Makarenko, D. (2017). Doslidzhennia poverkhon vidhuku, shcho opysuiut matematychnu model vplyvu temperatury ta vmistu BeO v kompozytsiinykh materialakh na tekuchist i mezhu mitsnosti. [Investigation of the response surfaces describing the mathematical model of the influence of temperature and BeO content in the composite materials on the yield and ultimate strength]. Tekhnolohichniy audyt i rezervy vyrobnytstva, 3 (3 (35)), 13–17. (in Ukrainian) doi:10.15587/2312-8372.2017.104895
10. Mikulina, M., & Polyvanyi, A. (2023). Funktsionuvannia systemy tekhnichnoho servisu v APK. [Functioning of the technical service system in the agricultural industry.]. Aktualni pytannia u suchasni nautsi, (3 (9)). (in Ukrainian) doi:10.52058/2786-6300-2023-3(9)-97-106
11. Pohorilyi V. (2015) Doslidzhennia efektyvnosti riznykh typiv diskovykh robochykh orhaniv pry poverkhnevomu obrobitku hruntu Veles-Ahro. [Study of the effectiveness of different types of disc working bodies in the surface cultivation of Veles-Agro soil]. (in Ukrainian) URL: <http://www.velesagro.com/company/articles/2015/07/21/19/>
12. Rogovskii I. L., Borak, K. V., Maksimovich E. Yu., Smelik V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K.Yu., Sokolova, V.A. (2020) Znosostiikist lezovykh i diskovykh robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn, hartovanykh elektrodami T-serii. [Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes T-series]. Zhurnal fizyky: Seriya konferentsii. 1679 (4), st. № 042084. (in Ukrainian)
13. Zubko, V. M., Melnyk, V. I., Sokolik, S. P., Shpatak, R. I., Zubko, V. N., Melnyk, V. Y., ... & Shpatak, R. Y. (2018). Doslidzhennia yakisnykh pokaznykiv roboty diskovoi borony. [Study of quality indicators of disk harrow operation.]. (in Ukrainian) doi:10.31548/dopovid2018.06.029
14. Zubko, V., Roubik, H., Zamora, O., & Khvorost, T. (2018). Analiz ta prohnoz ekspluatatsiinykh kharakterystyk zernozbyralnykh kombainiv. [Analysis and forecast of performance characteristics of combine harvesters]. (in Ukrainian) doi:10.15159/AR.18.212
15. Zubko, V., Sirenko, V., Kuzina, T., Onychko, V., Sokolik, S., Roubik, H., Koszel, M. & Shchur, T. (2022). Modeliuvannia rukhu zerna pshenytsi pid chas sivby na osnovi modeli zerna zi zmishchenym tsentrom vahy. [Modelling Wheat Grain Flow During Sowing Based on the Model of Grain with Shifted Center of Gravity]. Silskohospodarske mashynobuduvannia, 26(1) 25-37. (in Ukrainian) doi:10.2478/agriceng-2022-0003

Zubko V. M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Tarelnyk V. B., Doctor of Technical Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

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

Khvorost T. V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Polyvanyi A. D., Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Change of the value of soil resistance when performing agricultural works in crop growing

This article is devoted to the study of factors affecting the change in the specific resistance of the machine unit during mechanized technological operations in agriculture. As a result of the analysis and on the basis of a computational experiment, it was determined that the bluntness of the blade of the working bodies, the type and characteristics of the soil, as well as the speed and operating conditions of the machine units are the factors that have the greatest impact on the resistance of

the soil to the working bodies and on the quality of cultivation and sowing and productivity. In particular, the blunting of the blade and the formation of a reverse chamfer negatively affects the quality of sowing and the yield of grain crops due to the over-compaction of the bottom of the furrow, which prevents the supply of capillary moisture to the seeds and the penetration of plant roots into the lower layers of the soil.

The study showed that the wear of working bodies and the specific resistance of the machine unit are interdependent. Increased resistance leads to a decrease in work efficiency, excess fuel consumption, accelerated wear of the surface of the working organs and a decrease in productivity.

The conducted studies showed a significant influence of speed on the technical and operational indicators of the operation of the machine unit, in particular on work productivity, fuel consumption and the cost of cultivating a hectare of field. Graphical models demonstrate the growth of work productivity with an increase in work speed, as well as a greater intensity of change in work productivity when using machine units with a larger number of cases. In addition, they reflect the influence of the speed of operation on the fuel consumption of machine units. Fuel consumption during the operation of machine units with a normal load should be lower, the smaller the number of housings available in the agricultural machine, which is attached to it, under the condition of the identity of other output data and the same speed of operation. As the experiments showed, this trend was not fully seen, the machine unit consisting of John Deere 6095 B + EurOpal 5, which had the smallest number of cases among the compared options, had increased fuel consumption, which indicates its operation with overload.

Graphical models also demonstrated the influence of speed on the cost of field work. With an increase in speed in the range from 5 to 12 km/h and the number of bodies in the design of the agricultural machine, less and less money is needed to cultivate one hectare of field. In addition, with each subsequent increase in the number of housings in the design of the agricultural machine by one, the difference in cost compared to the previous version was less and less.

Key words: machine unit, working body, wear, specific resistance.