

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора **Головача Івана Володимировича** на дисертаційну роботу **Борака Костянтина Вікторовича** «Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

### **1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами**

Аналіз статистичних даних дозволив встановити, що ґрунтообробні машини займають основне місце в структурі машинно-тракторного парку сучасних сільськогосподарських підприємств. Надійність ґрунтообробних машин і якість виконання обробки ґрунту безпосередньо залежать від довговічності та зносостійкості робочих органів. Саме тому, дисертація Борака К. В. присвячена вирішенню складної науково-прикладної проблеми підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин.

При проектуванні та виробництві серійних робочих органів ґрунтообробних машин не враховуються ґрунтово-кліматичні умови, у яких вони будуть експлуатуватися, що призводить до нераціонального використання потенційного ресурсу матеріалу робочого органу та зростання затрат на експлуатацію.

Підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин у 90% випадках досягається завдяки технологічним та конструктивним методам для певних умов експлуатації.

Автором зроблений висновок, що для підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин необхідно застосовувати комплекс всіх трьох груп методів (технологічних, конструктивних, експлуатаційних) та використання науково-обґрунтованої системи експлуатації. Актуальність і значимість теми дисертаційної роботи сумнівів і заперечень не викликає.

Дисертаційна робота виконувалася згідно з пріоритетними тематичними напрямками наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року, а саме – фундаментальні проблеми сучасного матеріалознавства та перспективні технології агропромислового комплексу та переробної промисловості. Дослідження за темою дисертації – частина комплексної наукової роботи кафедр машиновикористання та сервісу технологічних систем Поліського національного університету, за консультативної складової кафедри теоретичної та прикладної фізики Національного авіаційного університету «Забезпечення працездатності трибомеханічних систем в умовах абразивного зношування» (номер державної реєстрації 0112U003405).

**2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна**

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, є достовірними та належним чином обґрунтованими. Для цього автором проведені велика кількість необхідних теоретичних та експериментальних до з використанням сучасних апробованих методик, використані літературні джерела та патентна інформація.

Достовірність наукових положень також підтверджена актами про впровадження у виробництво.

Наукові положення, що сформульовані у дисертації, мають усі ознаки новизни.

**Перший висновок** зроблено на основі огляду літературних джерел та аналізу сучасного стану науково-прикладної проблеми підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин. Вирішення цієї проблеми в переважній більшості відбувається за рахунок використання технологічних методів підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин без врахування умов та режимів експлуатації, що не дозволяє фундаментально підійти до її вирішити. Саме тому використання всього спектру наявних методів підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів з урахування умов та режимів експлуатації є важливим завданням для сільськогосподарського машинобудування та аграрних підприємств.

Висновок достовірний, про що свідчить глибокий аналіз літературних джерел.

**Другий висновок** сформульована за результатами розробленої методології вирішення науково-прикладної проблеми підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин.

Висновок достовірний, що підтверджується застосуванням в процесі досліджень стандартних та розроблених методів, методик та устаткування.

**Третій висновок** ґрунтується на проведених теоретичних дослідженнях системи «робочий орган – ґрунт» в динамічному стані. У цьому висновку дисертант акцентує увагу, що на основі виявлених закономірностей функціонування системи «робочий орган – ґрунт» визначені пріоритетні напрямки вирішення науково-прикладної проблеми, отримано рівняння для визначення коефіцієнта тертя між робочим органом і ґрунтом з урахуванням всіх видів тертя, які наявні в зоні фрикційного контакту та розроблена математична модель підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин комплексним підходом адаптації їх зносостійкості з урахуванням умов та режимів експлуатації.

Висновок підтверджується глибокими теоретичними дослідженнями, які стосуються процесу фрикційної взаємодії між ґрунтом та поверхнею робочих органів ґрунтообробних машин та особливостей механізму та характеру абразивного зношування поверхні робочих органів в залежності від стану середовища ґрунту.

**Четвертий висновок** констатує, що ступінь закріплення абразивних частинок в ґрунті суттєво впливає на механізм та характер зношування робочих органів ґрунтообробних машин. В результаті самоорганізації ґрунту відбувається ріст його абразивних властивостей, в першу чергу за рахунок зміни ступеня закріплення абразивних частинок.

Висновок базується на результатах теоретичних, лабораторних та польових досліджень процесу самоорганізації середовища ґрунту та впливу ступеня закріплення абразивних частинок на інтенсивність абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин.

**У п'ятому висновку** зазначено, що автором запропоновані критерії досягнення ефекту самозагострювання та рівностійкості зношування лемішно-лапових та дискових робочих органів. В роботі також експериментально встановлено значення запропонованих критеріїв.

Висновок достовірний, що підтверджується результатами експлуатаційних випробовувань.

**Шостий висновок** зазначає, що в роботі визначено значення коефіцієнта внутрішнього тертя та питомого зчеплення (ступеня закріплення абразивних частинок) в залежності від типу ґрунту, його вологості та наявності рослинних решток. При цьому стверджується, що наявність біологічної фази (кореневої системи сільськогосподарських культур) призводить до зростання питомого зчеплення в 1,14...2,72 рази, а також, що зростання вологості ґрунту буде призводити до росту ступеня закріплення абразивних частинок та коефіцієнта внутрішнього тертя в ґрунті, яке спостерігається до перенасичення ґрунту вологою, а після появи вільної води в ґрунті – ці показники будуть зменшуватися.

Достовірність висновку підтверджується лабораторними та польовими дослідженнями по визначенню коефіцієнта внутрішнього тертя та питомого зчеплення (ступеня закріплення абразивних частинок) з урахуванням усіх значимих факторів.

**Сьомий висновок** констатує, що в роботі визначено коефіцієнт форми абразивних частинок ґрунтів України, так для абразивних частинок розміром до 0,10 мм коефіцієнт форми абразивних частинок знаходиться в межах 227,89...488,35, для абразивних частинок розміром 0,1...0,25 мм – у межах 183,27...386,24, для абразивних частинок 0,25...0,5 мм – 109,86...222,57, для абразивних частинок 0,5...0,75 мм – 91,53...227,46, для абразивних частинок 0,75...1 мм – 78,90...214,56. В результаті визначення коефіцієнта форми абразивних частинок ґрунтів України встановлено вплив типу ґрунту, глибина залягання та розміру абразивних частинок на величину коефіцієнта форми абразивних частинок. При цьому стверджується, що у процесі взаємодії абразивних частинок ґрунту з поверхнею робочих органів ґрунтообробних машин вони округлюються, що спричиняє зменшення їх коефіцієнта форми.

Висновок достовірний, що підтверджується великою кількістю лабораторних та польових досліджень.

**У восьмому розділі** зазначено, що в роботі експериментально визначено вплив матеріалу робочих органів ґрунтообробних машин, його термічної обробки, шорсткості та напрямку нерівностей на динамічний і статичний коефіцієнти тертя між поверхнею робочих органів ґрунтообробних машин та складовими частинками середовища ґрунту. Доведено, що процес тертя між робочими органами ґрунтообробних машин необхідно описувати з позиції молекулярно-механічної теорії тертя. В результаті аналізу результатів дослідження встановлено, що зменшити статичний та динамічний коефіцієнт тертя можливо за рахунок пацифікації поверхні робочих органів



грунтообробних машин або зменшення площі фактичного контакту. Визначена закономірність впливу динамічного коефіцієнта тертя на інтенсивність зношування дозволить більш якісно проводити проектування робочих органів ґрунтообробних машин.

Результати отримано в результаті проведення лабораторних досліджень, отже є підстави вважати цей висновок достовірним.

**Дев'ятий висновок** констатує, що встановлено закономірність впливу рослинних решток на зміну інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин, так проведені лабораторні дослідження засвідчують, що наявність сухих рослинних решток, у межах від 3% до 6% призводить до зменшення інтенсивності зношування на 4...5%, наявність вологих рослинних решток призводить до зростання на 5...9%, при наявності рослинних решток до збирання (фаза колосіння для пшениці або молочно-воскової стиглості для кукурудзи) призводить до зростання на 15,4...18,6%. Експлуатаційні дослідження впливу рослинних решток на інтенсивність протікання процесу абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин підтвердили результати лабораторних досліджень.

Висновок достовірний, що підтверджується великою кількістю лабораторних та польових досліджень.

У **десятому висновку** зазначено, що в процесі експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин виявлено утворення вторинних структур на їх поверхні, які призводять до зміни фізико-механічних властивостей та інтенсивності зношування матеріалу робочого органу. Встановлення закономірностей утворення вторинних структур на поверхні тертя, дозволили встановити раціональні матеріали для виготовлення лемішно-лапових та дискових робочих органів з підвищеними показниками надійності, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

Достовірність висновку підтверджується експлуатаційними дослідженнями процесу зношування лемішно-лапових та дискових робочих органів.

**Одинадцятий висновок** констатує, що нанесення зносостійкого покриття на робочі органи ґрунтообробних машин більш ефективно на ґрунтах, які мають вищу зношувальну здатність, так при нанесенні зносостійкого покриття:

- на дискові робочі органи при експлуатації їх на супіщаних ґрунтах довговічність підвищується в 1,28...1,41 раза, на суглинках – в 1,11...1,24 раза та на глинистих ґрунтах – в 1,07...1,18 раза;

- на стрілчасті лапи при експлуатації їх на супіщаних ґрунтах довговічність підвищується в 1,41...1,53 раза, на суглинках – в 1,48 раза та на глинистих ґрунтах – в 1,39...1,44 раза;

- на леміші при експлуатації їх на супіщаних ґрунтах довговічність підвищується в 1,82...2,13 раза, на суглинках – в 1,5...1,85 раза та на глинистих ґрунтах – в 1,34...1,52 раза.

У цьому висновку дисертант також відмічає, що в роботі виявлено закономірності впливу ґрунтово-кліматичних умов, режимів експлуатації та способів зберігання на довговічність і зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин. На основі цих закономірностей та теоретичних

досліджень розроблено науково обґрунтовану систему експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин.

Висновок достовірний, що підтверджується великою кількістю лабораторних, стендових та експлуатаційних досліджень

**Дванадцятий висновок** зазначає, що впровадження у виробництво комплексного підходу адаптації зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та режимів експлуатації дозволяє підвищити їх довговічність в 1,84...2,51 раза в залежності від типу робочих органів та ґрунтово-кліматичних умов. Застосування такого підходу дозволяє отримати економію у межах 6...18% від вартості нової машини протягом експлуатації одного комплекту робочих органів.

Висновок достовірний, що підтверджується експлуатаційними випробовуваннями, глибоким техніко-економічним аналізом та актами впровадження у виробництво.

Висновки логічно впливають із результатів досліджень і загалом достатньо повно представляють основні аспекти обширних досліджень, проведених дисертантом.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень і висновків зумовлюється тривалим періодом досліджень, великим обсягом експериментальних даних, правильним багатостороннім на комплексних засадах методичним підходом до проведення досліджень. Експериментальний матеріал добре опрацьований статистично і на належному рівні ілюстрований рисунками та фотографіями, що додатково, наочно підтверджує об'єктивність отриманих результатів досліджень.

Слід відмітити, що усі пункти висновків логічно впливають з результатів досліджень, проведених автором у дисертаційній роботі.

Значення роботи для практики полягає у тому, що вирішено проблему підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин комплексним підходом адаптації їх зносостійкості урахуванням умов та режимів експлуатації. Результати впроваджені у виробництво в СФГ «Шар» Козятинського району Вінницької області (акт від 10.06.2020 р.), ТОВ «ВП Полісся» Овруцького району Житомирської області (акт від 14.07.2020 р.), ТОВ «Аграрні системні технології» Попільнянського району Житомирської області (акт від 16.09.2020 р.), а також в освітній процес у Житомирському національному агроекологічному університеті (акт від 30.04.2020 р.) та Житомирському агротехнічному коледжі (акт від 17.04.2020 року) для підготовки фахівців за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» освітнього ступеня «Бакалавр».

Наукові положення, що сформульовані в дисертації, мають усі ознаки новизни.

### **3. Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Дисертаційна робота є закінченою науковою працею, яка направлена на розв'язання науково-прикладної проблеми підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин комплексним підходом адаптації їх зносостійкості урахуванням умов та режимів експлуатації

Дисертація складається з анотацій, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 380 сторінок, у тому числі основного тексту – 308 сторінок. Дисертація містить 125 рисунків та 64 таблиці. Список використаних джерел налічує 350 найменування.

Автореферат відповідає змісту дисертації та дає повну уяву про виконану роботу.

У цілому, за структурою та обсягом робота відповідає паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

#### **4. Оцінка змісту дисертації**

У першому розділі **«Сучасний стан проблеми підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин»** викладено критичний аналіз особливостей конструкції робочих органів ґрунтообробних машин, процесів фрикційної взаємодії ґрунту з робочими органами, зношування та формоутворення робочих органів під час експлуатації ґрунтообробних машин, існуючих та перспективних способів підвищення довговічності та зносостійкості, на основі чого зроблено висновок, що підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин у 90% випадках досягається завдяки технологічним та конструктивним методам для певного робочого орану і конкретних умов експлуатації. Упровадження комплексного підходу із застосування всіх трьох груп методів та використання науково-обґрунтованої системи експлуатації дозволить суттєво підвищити довговічність і зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин.

На підставі проведеного аналізу визначено актуальність та перспективність дисертаційної роботи, сформульована мета та поставлені завдання.

#### **Зауваження:**

1. В розділі недостатньо уваги приділено аналізу явища зміни фізико-механічних властивостей матеріалу та утворення вторинних структур на поверхні робочих органів ґрунтообробних машин в результаті взаємодії з середовищем ґрунту.

2. Огляд моделей ґрунтів потрібно було розмістити в першому розділі, а не в підпункті 3.4.

У другому розділі **«Методологія розв’язання проблеми підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин комплексним підходом адаптації їх зносостійкості»** обґрунтовано етапи проведення досліджень і запропоновано методологію розв’язання проблеми підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин на основі комплексного підходу. В роботі також викладено методи й методики теоретичних та експериментальних досліджень процесів і явищ, які відбуваються в зоні фрикційного контакту під час взаємодії робочих органів ґрунтообробних машин з ґрунтом, на поверхні робочих органів у міжексплуатаційний період і в середовищі ґрунту та їхній вплив на довговічність і зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин.



### **Зауваження:**

1. Варто було б привести математичний апарат, який використовувався при аналізі отриманих експериментальних даних.

2. Відсутня детальна характеристика деякого обладнання, яке використовувалось під час дослідження (мікроскоп «SigetaCam-03», терези «CP 34001 S» та камера «GoPro HERO 5 Session»).

У третьому розділі **«Теоретично-прикладні основи підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин комплексним підходом адаптації їх зносостійкості»** розроблена математична модель підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин комплексним підходом адаптації їх зносостійкості з урахуванням умов та режимів експлуатації, побудовано фізико-математичну модель системи «робочий орган – ґрунт», встановлено коефіцієнт тертя між ґрунтом і поверхнею робочих органів, який дозволить при розробці робочих органів з підвищеною довговічністю та зносостійкістю, більш якісно проводити проектування поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин, визначено вплив ступеня закріплення абразивних частинок ґрунту на механізм і характер зношування робочих органів ґрунтообробних машин, визначено умови та критерії досягнення ефекту самозагострювання різальних елементів і рівностійкості зношування для різних типів робочих органів ґрунтообробних машин (стрілчата лапа, леміш та дисковий робочий орган) на різних типах ґрунтів та встановлено закономірності процесу самоорганізації середовища ґрунту.

В роботі встановлено, що в процесі самоорганізації середовища ґрунту відбувається зміна його абразивних властивостей, переважно в бік зростання абразивних властивостей. Зовнішні чинники (опаді й дії рушіїв сільськогосподарських машин) по-різному впливають на інтенсивність процесу самоорганізації на різних типах ґрунтів. Урахування процесів самоорганізації середовища ґрунту в період експлуатації ґрунтообробних машин сприятиме суттєвому підвищенню їхньої довговічності та зносостійкості.

Виявлено, що коефіцієнт тертя ґрунту по поверхні робочих органів ґрунтообробних машин – випадкова функція і його значення є миттєвою величиною, яка залежить тільки від стану, у якому знаходиться дана і не залежить від того, як система прийшла в цей стан. Саме тому це явище описано марківським випадковим процесом. Для визначення ймовірних значень коефіцієнта тертя ґрунту по поверхні робочих органів ґрунтообробних машин побудовано систему рівнянь Колгоморова.

Теоретично визначений коефіцієнт тертя між поверхнею робочого органу і ґрунтом, з врахуванням всіх видів тертя, дозволить при розробці робочих органів з підвищеною довговічністю та зносостійкістю, більш якісно проводити проектування поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин.

Детальний аналіз системи «робочий орган – ґрунт» в динамічному стані дозволив виявити її специфіку, визначити процеси, які відбуваються внаслідок функціонування системи, встановити енергетичний і масовий баланс системи й окреслити напрямки, що дозволить суттєво підвищити довговічність та зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин.

### **Зауваження:**

1. Для підтвердження впливу ступеня закріплення абразивних частинок на механізм абразивного зношування, необхідно було б представити фотографію поверхні тертя заднього ряду дисків для обох умов експлуатації (рис. 3.10).

2. Для підтвердження лабораторних досліджень по впливу дії рушіїв сільськогосподарських машин та опадів на зміну ступеня закріплення абразивних частинок бажано було б провести польові випробовування.

У четвертому розділі **«Вплив середовища ґрунту на зносостійкість і довговічність робочих органів ґрунтообробних машин»** встановлено абразивні характеристики середовища ґрунту та їх вплив на довговічність та зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин. В дисертаційній роботі доведено, що процес тертя, який відбувається внаслідок взаємодії середовища ґрунту та його складових елементів з робочими органами ґрунтообробних машин неможливо описати законом Амонтова–Кулона і його необхідно описувати з позиції молекулярно-механічної теорії тертя.

В роботі доведено вплив типу ґрунту, його вологості та рослинних решток (кореневої системи різних сільськогосподарських культур) на коефіцієнт внутрішнього тертя  $f$  та питоме зчеплення  $c$  (ступеня закріплення абразивних частинок). Результати лабораторних і експлуатаційних досліджень дозволять стверджувати, що з ростом ступеня закріпленості абразивних частинок у ґрунті інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин зростає.

Установлено коефіцієнт форми абразивних частинок ґрунтів України і закономірність зміни коефіцієнта форми абразивних частинок від глибини залягання. Зростання коефіцієнта форми абразивних частинок для ідеалізованої абразивної маси (кварцовий пісок) призводить до пропорційного росту інтенсивності зношування матеріалів робочих органів ґрунтообробних машин. Для реальних ґрунтів прямої залежності між коефіцієнтом форми абразивних частинок та інтенсивністю зношування матеріалів робочих органів ґрунтообробних машин не виявлено.

На основі лабораторних досліджень визначено вплив матеріалу робочих органів ґрунтообробних машин, його термічної обробки, шорсткості та напрямку нерівностей на динамічний і статичний коефіцієнт тертя. Зростання динамічного коефіцієнта тертя між поверхнею робочих органів ґрунтообробних машин і середовищем ґрунту призводить до зменшення зносостійкості робочих органів.

#### **Зауваження:**

1. Під час визначення впливу шорсткості поверхні робочого органу на закономірність зміни статичного і динамічного коефіцієнта тертя бажано було б окрім показника  $R_a$  вказати й інші показники, які характеризують шорсткість поверхні ( $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S$  та ін.).

2. На рис. 4.5 бажано було б вказати, які саме абразивні частинки представлені.

У п'ятому розділі **«Вплив закономірностей зміни конструктивних і технологічних параметрів робочих органів ґрунтообробних машин на підвищення їх зносостійкості та довговічності»** встановлено, що на поверхні робочих органів ґрунтообробних машин у процесі взаємодії з ґрунтом



відбувається утворення вторинних структур, властивості яких у процесі експлуатації визначаються режимами та умовами експлуатації, а також властивостями матеріалу робочих органів. Зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин визначаються не початковими властивостями матеріалу, а властивостями утворених вторинних структур. Автор стверджує, що для підвищення довговічності та зносостійкості серійних дискових робочих органів ґрунтообробних машин, які працюють в умовах нерозпушеного ґрунту (перший ряд, напівзакріплене абразивне середовище) необхідно на піщаних і супіщаних застосовувати робочі органи, виготовлені зі сталі 65Г (оскільки вона здатна до самонаклепу внаслідок абразивного та ударно-абразивного зношування), а на глинистих і суглинкових використовувати робочі органи, виготовлені зі сталі 28MnB5. Для дискових робочих органів ґрунтообробних машин, які працюють в умовах розпушеного ґрунту (другий ряд, взаємодія з «вільними» абразивними середовищами), спостерігається утворення вторинних структур на поверхні з меншою твердістю, порівнюючи з початковою, для всіх матеріалів та на всіх типах ґрунтів. На всіх типах лемішно-лапових робочих органів ґрунтообробних машин спостережено утворення вторинних структур з підвищеною твердістю незалежно від матеріалу робочих органів.

В роботі розроблено схеми нанесення зносостійкого покриття для підвищення їх довговічності та зносостійкості лемішно-лапових і дискових робочих органів з урахуванням умов та режимів експлуатації. Установлено, що нанесення зносостійкого покриття більш ефективно в процесі експлуатації робочих органів на ґрунтах, які мають більшу зношувальну здатність (піщані й супіщані ґрунти).

#### **Зауваження:**

1. В роботі вказано (підпункт 5.1.2), що поверхню лемішно-лапових робочих органів можна поділити на три типових зони, відповідно утворених вторинних структур на поверхні тертя, але в роботі відсутні схеми з приведеними зонами, окрім схеми для полиці плуга (рис. 5.9).

2. Для порівняння особливостей зміни леміша зі змінним долотом, бажано було б представити фото зношеного серійного леміша (рис. 5.31).

У шостому розділі «Розробка системи експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин для підвищення їхньої довговічності» розроблена науково обґрунтована систему експлуатації ґрунтообробних машин, яка дозволяє комплексно вирішити науково-прикладну проблему підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів, на прикладі дискового робочого органу, стрілкової лапи та леміша.

В роботі встановлено вплив вологості ґрунту та швидкості руху ґрунтообробного агрегату на інтенсивність зношування робочих органів. Зростання швидкості руху ґрунтообробного агрегату призводить до зростання інтенсивності та зміни характеру зношування робочих органів ґрунтообробних машин. Більш суттєве зростання інтенсивності зношування в разі зростання швидкості руху ґрунтообробного агрегату спостерігається на ґрунтах, які мають більшу зношувальну здатність. Слід зауважити, що для робочих органів виготовлених із високоякісних сталей (Hardox 500 та 28MnB5), притаманне менше зростання інтенсивності зношування в разі збільшення швидкості руху ґрунтообробного агрегату, порівняно з робочими органами, виготовленими зі

сталі 65Г. Зміна вологості ґрунту призводить не тільки до зміни інтенсивності зношування робочих органів ґрунтообробних машин, а й до зміни характеру зношування. У разі зростання вологості ґрунту його зношувальна здатність зростає до певної межі, яка характерна кожному типові ґрунту, після чого в зоні фрикційного контакту з'являється мастильний матеріал (вільна вода) і зношувальна здатність ґрунту починає зменшуватися.

Проведеними дослідженнями доведено, що наявність корозії на поверхні робочих органів ґрунтообробних машин призводить до зменшення їхньої зносостійкості та довговічності. На основі проведених досліджень встановлено оптимальні способи зберігання ґрунтообробних машин в міжексплуатаційний період у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, які дозволять суттєво сповільнити корозійні процеси на поверхні робочих органів, що зі свого боку забезпечить суттєве підвищення їхньої зносостійкості й довговічності.

#### **Зауваження:**

1. В роботі відсутні фото зразків, які використовувалися для визначення інтенсивності корозійних процесів матеріалів робочих органів ґрунтообробних машин.

2. З роботи не зрозуміло, які дефекти виникають і сприяють інтенсифікації корозійним процесам в результаті зміцнення поверхні робочих органів ґрунтообробних машин.

У цьому розділі **«Техніко-економічне обґрунтування запропонованого комплексного підходу адаптації зносостійкості»** приведені результати виробничої перевірки й техніко-економічний аналіз запропонованого комплексного підходу підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин.

В роботі доведено що, що зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин відповідно до розроблених схем і критеріїв дозволяє покращити процес самозагострювання протягом усього терміну експлуатації. Отримані результати засвідчують, що порівняно із серійними кут загострювання різальних елементів зміцнених робочих органів менший для стрілчастих лап на 6...32%, для лемешів на 8...19% та дискових робочих органів до 13%. Самоорганізація зміцнених різальних елементів робочих органів призводить до зменшення витрат дизельного пального, при комплектування мобільних енергетичних засобів з дисковими ґрунтообробними агрегатами в середньому приблизно на 10%, з плугами – 14% та з культиваторами – 11%. Застосування комплексного підходу підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин дозволяє підвищити їхню довговічність в 1,84...2,51 раза, та отримувати економічний ефект протягом всього терміну експлуатації в межах 13...18% від вартості нової машини.

Також слід зазначити, що висновки дисертаційної роботи викладені лаконічно і зрозуміло. Їх достовірність не викликає сумнівів. Поставлені задачі досліджень виконані здобувачем на достатньому високому науково-методичному рівні. Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням сучасного програмного зауваження, наукових методів оброблення і аналізу теоретичних та експериментальних даних. Автореферат відповідає змісту дисертації. Зазначені зауваження та недоліки суттєво не впливають на загальну оцінку роботи та її наукову цінність.

### **Зауваження:**

1. Не наведено методику розрахунку економічної оцінки комплексного підходу підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин.
2. Бажано було порівняти вплив комплексного підходу підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин для одного з типів робочих органів в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

### **Висновки**

Дисертація **Борака Костянтина Вікторовича** на тему «**Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин**» є науковою роботою в якій вирішено актуальну науково-прикладну проблему аграрної галузі – підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин.

Виконана дисертаційна робота свідчить про високу підготовку дисертанта та його здатність вирішувати складні наукові завдання.

Матеріали докторської дисертації **Борака Костянтина Вікторовича** не містять матеріалів його кандидатської дисертації.

Зауваження до дисертаційної роботи не зменшують її наукову та практичну значимість, вона має закінчений характер, відповідає паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Дисертаційна робота **Борака Костянтина Вікторовича** на тему «**Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин**» являє собою завершену наукову працю і за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом і оформленням відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами та доповненнями), які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва», а її автор **Борак Костянтин Вікторович**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

### **Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, професор,  
член-кореспондент НААН,  
професор кафедри механіки  
Національного університету біоресурсів і  
природокористування України

І. В. Головач

Вх. №193

Від 12.04.2021 р.

12.04.2021

