

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри аграрної інженерії Луцького національного технічного університету **Дідуха Володимира Федоровича** на дисертаційну роботу **Бабія Андрія Васильовича** „Методи розрахунку ресурсу і вдосконалення конструкцій широкозахватних штанг сільськогосподарських обприскувачів”, представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

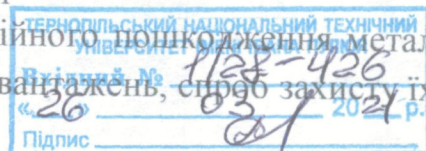
На відгук представлені дисертація, автореферат, копії опублікованих робіт.

### 1. Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Досягти максимальної продуктивності сільськогосподарських культур можна за умови врахування основних факторів, які визначенні агрономічною наукою: генетика(насіння) та умови вирощування(кліматичні і живлення). Сучасні підходи у технологіях виробництва сільськогосподарської продукції рослинного походження вимагають постійного застосування машин для їх захисту. Окрім того, такі машини знаходять все більше застосування для збільшення продуктивності сільськогосподарських культур, наприклад, для виконання такої операції, як листове живлення рослин гумітами.

Конструкція будь якої сільськогосподарської машини має свої найбільш вразливі місця, які потребують підвищеної уваги на етапах від проектування до експлуатації. Для обприскувачів, визначальним робочим органом є штанги, які призначенні для підведення рідини до об'єктів оброблення. Збільшення ширини захвату обприскування призвело до появи нових проблем, пов'язаних з якістю виконання технологічного процесу та забезпечення конструктивної надійності машини, яка визначається ресурсом роботи. За нормативних вимог, термін служби вітчизняних обприскувачів складає 7 років. Проте, як показує практика, навіть за якісного технічного обслуговування і зберігання, сільськогосподарська техніка періодично виходить з ладу через непередбачувані обставини і ресурс роботи закінчується значно швидше. Так для широкозахватних штангових обприскувачів, які працюють в умовах агресивного середовища, 25 % поломок припадає на руйнування каркасів секцій штанг, виготовлених з металевого профілю прямокутної чи квадратної форми, як правило у період виконання польових робіт.

Існує багато досліджень щодо експлуатаційного пошкодження металів в агресивних середовищах під дією механічних навантажень, спроб захисту їх від



корозій, виявлення місць втомного руйнування через зародження і появу тріщин. Для математичного опису вказаних елементів використовуються різні теоретичні підходи. Але для конкретних умов експлуатації технічних засобів сільськогосподарського призначення постала проблема вирішена недостатньо.

В зв'язку з цим, тема дисертації, яка спрямована на вдосконалення несучих елементів штанг польових оприскувачів для підвищення їх ресурсу роботи є актуальною, а її вирішення можливе на основі розробки нових методів для прогнозування ресурсу роботи на етапах розробки та експлуатації в умовах агресивного середовища, що дозволить попереджувати передчасні поломки та забезпечувати готовність техніки на весь період польових робіт.

Тема дисертаційної роботи пов'язана з планами науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя: «Обґрунтування параметрів з розробкою штангового малогабаритного обприскувача сільськогосподарського призначення» (№ ДР 0109U002299), «Оцінка експлуатаційної навантаженості обприскувачів класу ОВП – 2000 з розробкою оптимізованої за довговічністю функціонально-несучої системи» (№ ДР 0111U002588), «Створення нового покоління методів фрактодіагностування матеріалів і конструкцій на основі використання нейронних мереж» (№ ДР 0119U001323), а також у відповідності до Державних програм і постанов для розвитку аграрного сектора економіки.

Все це також підкреслює актуальність теми дисертаційної роботи, яка спрямована на нове вирішення науково-технічної проблеми.

## **2. Наукова новизна одержаних результатів і їх значення для науки та виробництва**

В роботі вперше розроблено концепцію вдосконалення несучих елементів штанг польових оприскувачів для підвищення їх ресурсу роботи на основі нових методів, які враховують експлуатаційні силові і фізико-хімічні чинники.

Вперше запропоновано методи розрахунку залишкового ресурсу штанги польового обприскувача з врахуванням випадкових навантажень, які виникають від нерівностей поверхні поля на основі енергетичного підходу в нормальних умовах експлуатації і з урахуванням дії корозійного середовища.

Запропоновано розрахункову модель визначення ресурсу роботи широкозахватної штанги з врахуванням агресивного середовища і умов експлуатації на основі положень теорії корозійного – втомного руйнування.

Вперше встановлено механізми корозійного руйнування металу з каркасу секцій штанги обприскувача у середовищах насичених розчинів інсектициду Нурел Д, рідкого комплексного добрива КАС -32 і демінералізованої води та

встановлені характеристики його тріщиностійкості за циклічного навантаження.

Отримали подальший розвиток:

- науковий напрям моделювання процесів руйнування зразків з СтЗпс у корозійно-активних середовищах ;

- теоретичні положення корозійно-втомного руйнування, зокрема електрохімічної корозії та енергетичного підходу втомного руйнування.

Удосконалено конструкцію підвіски штанги, яка підвищує її стабілізаційні властивості при збуренні коливань у польових умовах, встановлено ефективність підвіски за різних режимів навантаження обприскувача.

Запропоновано методологію визначення залишкового ресурсу штанги польового обприскувача, встановленої на запропоновану підвіску з гасниками коливань, що підвищує ефективність розподілу робочого препарату у виробничих умовах за рахунок зменшення коливань штанги у вертикальній і горизонтальній площинах.

Практичне значення одержаних результатів, перш за все, полягає в розробці методів визначення ресурсу роботи штанг широкозахватних сільськогосподарських обприскувачів на етапах проектування та в процесі експлуатації. Даний підхід дозволить підвищити показники надійності та довговічності сільськогосподарських обприскувачів.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень дозволили виробити рекомендації виробництву при розробці нових конструкцій обприскувачів і модернізації відомих.

Практичне значення одержаних результатів полягає також і в тому, що визначено новий напрям вдосконалення штанг широкозахватних польових обприскувачів, які передбачають проведення якісного їх обслуговування та попередження поломок у період польових робіт.

### **3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Наукові положення, висновки і рекомендації є кількісно і якісно обґрунтованими. Ці положення, висновки і рекомендації сформульовані на основі проведених автором необхідних, в достатніх кількості та об'ємі теоретичних і експериментальних досліджень з використанням типових і запропонованих здобувачем методів.

Всі наукові положення, які наведені в дисертації, підтверджені поданими у дисертації даними теоретичних і експериментальних досліджень, а також результатами виробничих випробувань.

Результати дисертаційної роботи викладені у висновках після кожного розділу, а також у дванадцяти пунктах загальних висновків, які ґрунтуються на виконаних десяти задачах.

Перший пункт загальних висновків відповідає першій задачі та вказує на результати проведеного аналізу існуючих машин та особливостей виконання технологічного процесу обробки сільськогосподарських культур широкозахватними штанговими обприскувачами. Доведено наявність коливань штанг у вертикальній та горизонтальній площинах, що негативно відображається на рівномірності розподілу робочого препарату.

Не зрозуміла природа виникнення горизонтальних коливань в процесі сталої швидкості обприскувача.

Другий висновок базується на результатах досліджень відповідно до другої поставленої задачі щодо виявлення впливу робочих середовищ на металевий каркас штанги обприскувача. У якості робочого середовища взято: демінералізовану воду, розчин інсектициду Нурел Д, рідке комплексне добриво КАС-32. Термін «демінералізована» викликає запитання.

У третьому висновку вказується на результати порівняння впливу робочих середовищ з умовами відкритого приміщення щодо опору корозійно-втомного руйнування та розвитку тріщин у зразках СтЗпс. Важливе місце при цьому має циклічність навантаження. Варто було б обґрунтувати стан «повітря», як основу для порівняння.

Четвертий висновок констатує про побудову моделі для визначення ресурсу роботи елементів широкозахватних штанг польових оприскувачів при максимальних амплітудах циклічного згину її найбільш навантажених елементів і що ресурс роботи, в основному, визначається періодом зародження втомної тріщини. Варто було б конкретизувати, які елементи є найбільш навантаженими.

П'ятий висновок відноситься до четвертої задачі і несе констатуючу інформацію щодо визначення залишкового ресурсу роботи штанги при маневровому режимі навантаження.

Що розуміємо під «маневровим режимом навантаження»? Варто було б дати роз'яснення та доповнити цифровими значеннями.

Шостий висновок надає інформацію щодо результатів дослідження визначення ресурсу роботи широкозахватної штанги польового обприскувача з урахуванням експлуатаційних силових і фізико – хімічних чинників. Встановлено, що за реальних умов експлуатації ресурс роботи знижується до 1,5 сезону, що є недопустимим при терміні служби оприскувача 7 років.

П'ятий і шостий висновок також можна об'єднати в один, так як вони мають відношення до п'ятої і шостої задачі.

Сьомий висновок відноситься також до шостої задачі і вказує на аналогічні дослідження, які представлені у попередніх висновках лише з врахуванням впливу інсектициду Нурел Д.

Даний пункт варто було б підсилити цифровими значеннями.

У восьмому висновку відповідно до сьомої і восьмої задач на основі отриманих аналітичних залежностей, які розкривають суть роботи запропонованої підвіски, що забезпечує зниження вертикальних горизонтальних коливань. Висновок насичений цифровими значеннями і дає розуміння переваг нової конструкції підвіски за рахунок чого підвищується ефективність роботи вітчизняних оприскувачів.

Зауважень немає.

Дев'ятий висновок побудований на результатах досліджень відповідно до восьмої задачі, де на основі отриманих аналітичних залежностей проводилось моделювання кінематичного збурення вимушених вертикальних і кутових коливань маси штанги. Виявлені кінематичні параметри сприяють підвищенню віброізоляційних властивостей матеріалу, з якого виготовлена штанга.

Зауважень немає.

Десятий висновок вказує на побудову моделі для аналітичного дослідження згинальних коливань секцій штанги у поперечно – вертикальній площині з врахуванням конструкції розробленої підвіски.

Висновок варто доповнити цифровими значеннями.

Одинадцятий висновок стверджує, що на основі фундаментальних результатів корозійно-механічного руйнування металевих матеріалів і елементів конструкцій розроблено метод розрахунку для визначення залишкового ресурсу нового робочого органу оприскувача. Встановлення гасників коливань знижує залишковий ресурс у 4 рази, при цьому збільшення залишкового ресурсу можливе лише за умови збереження фарбового покриття.

Зауважень немає. Десятий та одинадцятий висновки базуються на попередніх задачах з додаванням дев'ятої.

Дванадцятий висновок відноситься до всіх поставлених задач, відповідно має значний об'єм. У даному висновку вказується на проведені лабораторних (на фізичній моделі) і польових досліджень широкозахватних штангових оприскувачів різних марок, результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень. Вказується також, що результати досліджень передані в КБ з проектування оприскувачів, а запатентовані рішення і рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації в агроформуванні з виробництва сільськогосподарської рослинної продукції.

Зауважень немає.

Всі пункти висновків ґрунтуються на результатах досліджень приведених автором в матеріалах дисертаційної роботи. Але окремі: 3, 5, 7, 10 необхідно було б розширити або конкретизувати.

#### **4. Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях**

Результати досліджень, поданих автором в дисертаційній роботі апробовані на міжнародних науково-технічних конференціях і в достатньому обсязі та відображені в 51 науковій праці, з яких: 25 у фахових українських і закордонних виданнях, що входить до наукометричних баз; 13 матеріалах тез у збірниках доповідей наукових конференцій. Наведені публікації відтворюють основний зміст дисертації. Нові способи і технічні засоби захищені 13 патентами України на корисні моделі.

#### **5. Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам**

Дисертаційна робота Бабія А.В. представляє собою завершену наукову працю і складається з вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 300 найменувань та п'яти додатків. Загальний обсяг складає 465 сторінок.

Основний зміст роботи викладено на 356 сторінках комп'ютерного тексту, містить 172 рисунки, 28 таблиць.

У вступі, відповідно до вимог, обґрунтовано актуальність теми, розкрита сутність і стан наукової проблеми, її значущість. Показано зв'язок роботи з науковими програмами, встановлено об'єкт та предмет дослідження, відображено методи досліджень, сформульовані мета й основні задачі дослідження, визначено наукову і практичну цінність одержаних результатів.

**У першому розділі:** приведено аналіз стану проблеми забезпечення ефективного використання штангових обприскувачів при вирощуванні сільськогосподарських культур; визначено чинники, які впливають на забезпечення належного ресурсу роботи окремих складових штанг; розглянуто роботу розпилювачів на основі аналізу спектра розпилу робочої рідини та встановлено взаємозв'язок між висотою їх розміщення і об'єктами обробки; вказано на необхідність мінімізації відстані від розпилювачів до об'єктів обробки; розглянуто основні типи підвісок штанг у сучасних обприскувачах; звернуто увагу на потребу своєчасного проведення хімічного захисту рослин, що забезпечується високим коефіцієнтом готовності обприскувача; проведений аналіз експлуатаційних навантажень на робочі органи обприскувачів вказують, що 25% виходу їх з ладу припадає на каркаси – рамні(несучі) елементи,



руйнування яких приводить до тривалих ремонтів; виділено складові, які прискорюють руйнування каркасів: це маневрове навантаження (навантаження, що виникає під впливом нерівностей поля) та робота обприскувачів у агресивному середовищі; наголошено що дані аспекти необхідно враховувати на етапах від проектування до експлуатації протягом всього терміну служби машини; наголошено на відсутність методів прогнозування ресурсів роботи (повного і залишкового) для металевих каркасів секцій штанг. Значну увагу дисертантом приділено дослідженням вчених у розв'язанні поставлених задач, серед яких окреслено три напрямки: концептуальний розвиток сільськогосподарського машинобудування загалом; теоретичні і експериментальні дослідження сільськогосподарських машин, зокрема штангових обприскувачів; фундаментальні підходи до проблем міцності та циклічної тріщиностійкості матеріалів з урахуванням специфіки навантаження та впливу середовищ. Наведено достатньо посилань на власні праці та праці інших науковців. Висвітлені висновки за розділом.

У розділі приділено значну увагу хімічним препаратам для захисту рослин, які можуть бути у різному фізичному стані. Варто було б їх класифікувати з точки зору агресивного середовища та виявити шляхи захисту від нього.

У **другому розділі** викладені дослідження, які оцінюють корозійну стійкість сталі СтЗпс, з якої виготовляють каркаси штанг вітчизняних оприскувачів, у рідких середовищах з демінералізованої води, комплексного добрива КАС -32, інсектициду Нурел Д.

У п.2.1 проведено аналіз складу агрохімікатів (рідких мінеральних добрив), корозійну активність при взаємодії з металевими сплавами, їх корозійну стійкість, яка оцінюється глибинним показником корозії.

Приведені методики для проведення корозійних, електрохімічних та імпедансних випробовувань за дії рідких корозійно-активних середовищ, дається опис лабораторного устаткування. На основі отриманих результатів виокремлені особливості корозійної та електрохімічної поведінки сталі у рідких середовищах. Встановлено, що найактивніше сталь СтЗпс кородує у демінералізованій воді, що підтверджується значеннями глибинного і вагового показників а, також, швидкістю поширення корозії. Тому, як висновок, використання сталі вказаної марки для каркасу штанг обприскувачів без покриття є недоцільним.

У п.2.5 розглянуто корозійну стійкість покриття каркасу штанги. Вказані часові залежності імпедансу (частота 0,2 Гц) захисного фарбового покриття на сталі, його опір і ємність. Вказується на важливість нанесення якісного фарбового покриття в умовах виробництва, збереження його на протязі терміну служби.

У пункті 2.5 стр.112...117 здобувачем зроблено допущення щодо пошкодження покриття і проникнення агресивного корозійного середовища під покриття, які важко піддаються аналізу з позиції потреби таких досліджень.

У **третьому розділі** аналогічно другому, розглядається процес втомної і корозійно-втомної довговічності сталі СтЗпс у вище приведених рідинних середовищах. Приводяться також методичні аспекти випробувань, параметри зразка, дається опис установки ІМА-5 для проведення випробувань, приводиться аналіз впливу корозійно-активних середовищ на особливості втомного руйнування, макрофрактограми зразків, випробуваних за циклічно обертового згину та розглянуто етапи корозійно-втомної тріщиностійкості сталі з каркаса штанги обприскувача. Значний об'єм у роботі займають фрактограми, від рис. 3.6 по рис. 3.13. та їх аналіз.

П. 2.2. розділу 2 і п. 3.1 розділу 3 можна об'єднати, як самі розділи.

У **четвертому** розділі приведені результати досліджень з оцінки ресурсу(залишкового ресурсу) каркасів секцій штанг польових обприскувачів. Виявленні основні чинники впливу на ресурс матеріалу і елементів конструкції, які об'єднанні у три групи: конструктивні, технологічні і експлуатаційні. Вони є важливими при прогнозуванні довговічності та впливають на напружено – деформований стан матеріалу в процесі його циклічного навантаження.

Для дослідження втомного руйнування матеріалів запропоновано застосувати енергетичний підхід, який базується на законах збереження енергії. При цьому рекомендується визначати питому енергію пластичної деформації матеріалу за один цикл навантаження з встановленням трьох критеріїв втомного руйнування. Розглянуті енергетичні підходи у сучасній теорії тріщин з виявленням напружено – деформованого стану при вершині та їх розповсюдження під дією багатовісного навантаження.

За прийнятого циклічного навантаження на елементи широкозахватних штанг польових обприскувачів запропоновано розрахункові моделі для визначення їх ресурсу(залишкового ресурсу) через встановлення циклів навантаження  $N$ : будь якого елемента; найбільш навантаженого згинальними силами балкового закритого профілю для прямокутної труби з поверхневою прямолінійною тріщиною і із складною тріщиною.

Окремим пунктом окреслено результати досліджень з визначення залишкового ресурсу елементів широкозахватних штанг польових обприскувачів з малими тріщинами та в умовах маневрового режиму навантаження.

Багатоваріантність поставлених завдань у даному розділі ускладнює сприйняття результатів і унеможливорює узагальнити найбільш небезпечні місця широкозахватних штанг за довжиною.



У п'ятому розділі наведено результати досліджень впливу корозійно-агресивних середовищ на залишковий ресурс широкозахватних штанг за маневрового режиму експлуатації.

Підведення до розгляду питання розробки методу прогнозування ресурсу(залишкового ресурсу) широкозахватних штанг польових обприскувачів з врахуванням дії корозійних середовищ зайняло 21 сторінку, де вказується по новому стан проблеми, аналітичний опис процесів електрохімічної корозії, розглянуто розподіл водню в електроліті по глибині тріщин, приведено аналітичні залежності для визначення концентрації водню в зоні перед руйнуванням біля вершини корозійно-втомної тріщини.

Розробка методу прогнозування ресурсу(залишкового ресурсу) широкозахватних штанг польових обприскувачів з врахуванням дії корозійних середовищ включає побудову розрахункової моделі, встановлені циклів на відмову елемента штанги з прямокутної труби. Аналогічний підхід для двох інших варіантів: у випадку впливу корозійних середовищ, нерівностей поля і коливання штанги на її залишковий ресурс і коли враховано можливості гасіння коливань

Окремі підходи до розробки методів у розділах 4 і 5 мають загальний підхід, що схиляє до думки про їх узагальнення.

У шостому розділі приведені результати досліджень удосконаленої широкозахватних штанг шляхом встановлення їх на нову конструкцію підвіски. Для даної підвіски розглянуто динамічну її модель з врахуванням різних режимів навантаження обприскувача. Проведено аналіз впливу коливань штанги на рівномірність обприскування сільськогосподарських культур і зроблено висновок, що ефективність процесу обприскування залежить від вертикальних і горизонтальних коливань. Таким чином, запропонована незалежна підвіска, яка має підпружиненні ланки та симетричність двох половин. Для такої конструкції встановлено конструктивно – кінематичний зв'язок між переміщенням штанги і фактичною деформацією пружно-демпфуючого елемента, нижня точка якого розглядалась, як коливання маятника. Отримано диференціальні рівняння руху у вертикальній та поперечно – вертикальній площинах, які дозволяють оцінювати здатність підвіски коливання. Розв'язок даних рівнянь виконано чисельним методом з подальшим моделюванням руху обприскувача у різних умовах експлуатації. На увагу заслуговує розрахунок та аналіз напружено – деформованого стану широкозахватної штанги обприскувача засобами автоматизованого проектування.

У розділі приведено ряд аналітичних досліджень, які дозволяють лише встановити кінематичні параметри переміщення штанг, але не вказують на шляхи їх покращення.

У цьому розділі наведена програма та методики проведення експериментальних досліджень, які направлені на виявлення динамічних характеристик та напруженого стану штанг обприскувачів різних типів на натурних зразках. Окремим пунктом наведена методика та результати напівнатурного експерименту дослідження підвіски у лабораторних умовах. Окремо висвітлені питання щодо тарування тензометричного обладнання для встановлення фактичних тарувальних коефіцієнтів і порядок проведення статистичної обробки результатів досліджень.

Зауважень немає.

Дисертація і автореферат написані діловою українською мовою з дотриманням наукового стилю. Оцінюючи зміст дисертації в цілому слід відзначити, що матеріали всіх розділів логічно пов'язані і разом складають закінчену наукову роботу, яка вирішує наукову проблему відповідно до мети і сформованих задач. Зміст, форма подачі матеріалу відповідають вимогам до докторських дисертацій. В роботі мають місце стилістичні і друкарські недоліки, які істотно не впливають на кінцевий результат і не знижують наукової цінності дисертації. Основні положення, що наведені у авторефераті, співпадають з дисертацією.

## **6. Дискусійні питання та зауваження щодо дисертаційної роботи**

Повний аналіз дисертаційної роботи дозволяє вказати на деякі дискусійні питання та зауваження:

1. В роботі необхідно було б дати чітке визначення щодо «режимів роботи оприскувача», їх розмежування (при яких відбувається руйнування штанг). Тому, з тексту автореферату не зрозуміло, що таке «маневровий режим» - рух по нерівностях поля, які викликають коливання, поштовхи і т.д.? Відповідно до пояснення, стр.84 (дис., другий абзац) у «маневровому режимі» - присутні статичні навантаження.

2. Назва п.1.4(стр. 81), за змістом є «Аналіз, а не дослідження», назви «елементів», які руйнуються варто було б класифікувати за певними ознаками: напр.. «шарнір з'єднання з підвіскою», «шарнір з'єднання секцій» «випадкові тріщини» і т.д., а не вказувати на світлинах тріщини. Тоді можна було б оцінити які місця штанги необхідно вдосконалювати.

3. Класифікацію хімічних препаратів (п.1.1, стр.36...45) необхідно було б подавати з позиції агресивного середовища і відповідно обґрунтувати, чому серед багатьох вибрано: демінералізовану воду, КАС, інсектицид Нурел Д, а для порівняння «повітря» (з яким складом?).

4. У п. 1.2. значна увага приділена аналізу розпилювачам, їх конструктивному виконанню, що не є метою подальших досліджень

(стр.46...62), відповідно до теми. В той же момент, конструкції штанг, як об'єктів динамічного навантаження, розглянуті недостатньо.

5. Не зрозуміло чому за базовий матеріал для досліджень на корозійну стійкість вибрано сталь СтЗпс?. Чи не варто було б виробити рекомендацій щодо вибору іншого матеріалу для виготовлення каркасів штанг в результаті проведених досліджень?

6. Викликає сумнів у необхідності проведення досліджень, результати яких викладені у п.2.5(стр. 112...117) щодо допущення появи пошкодження покриття. Адже зрозуміло, що втрата фарбового покриття призведе до зниження корозійної стійкості металу.

7. Не зрозуміло за яким принципом проводився вибір елементів для створення математичних моделей. Чи можна вважати, що виникнення тріщин є явищем випадковим і чи можна на основі запропонованих моделей встановити найбільш навантаженні елементи штанг?

8. У розділі 5 значна увага приділена проявам корозії загалом, в тому числі електрохімічній корозії. Не зрозуміло, як вона проявляється на штангах оприскувачів. При цьому результати, що представлені на рис. 5.3, проводились з сталю 08X18H12T; на рис. 5.5 – сплавом ВЖ98. Яке відношення ці матеріали мають до широкозахватних штанг обприскувачів?

9. П 6.1 присвячений аналізу впливу коливань штанги на нерівномірність обприскування сільськогосподарських культур. Яким чином встановлювали якість покриття розчином об'єкти обробки, напр.. «ефективної площі рядка»? Варто уточнити, відносно чого вибиралась висота встановлення штанги, поверхні поля чи об'єкта обробки?

10. Важливим при виконанні технологічного процесу обприскування є період вегетації сільськогосподарської культури, тобто врахування висоти розміщення штанг. Наскільки, аналіз приведених результатів у п. 6.1 дозволить покращити якість виконання технологічного процесу і за рахунок чого?

11. Розділ 6 перенасичений аналітичними дослідженнями, які дозволяють лише встановити кінематичні параметри переміщення штанг, але не вказують на шляхи їх удосконалення та констатують факт появи коливань при русі оприскувача по нерівностях поля.

12. В роботі зустрічаються незначні похибки, неоднозначність прийнятих термінів до об'єкта дослідження напр. «функціонально – несучі системи штанги(можливо штанг)», «каркас секцій штанги» «рамні(несучі) елементи», що ускладнює сприйняття матеріалу. В окремих пунктах розділів надто деталізовано проводиться роз'яснення матеріалу, напр.. п. 7.2. – опис універсальної реєструючої системи; п. 5.1 окреслення окремої проблеми.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційна роботи **Бабія Андрія Васильовича** є закінченою, самостійно виконаною науково-дослідною роботою, яка містить нові наукові положення, обґрунтовані технічні рішення, нове вирішення наукової проблеми в сфері проектування та експлуатації оприскувачів, має теоретичне і практичне значення. Актуальність теми, наукова новизна, закінченість досліджень в межах сформульованих мети і задач досліджень, обґрунтованість і достовірність висновків заслуговують позитивної оцінки.

Зміст дисертації, її структура відповідають паспорту наукової спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

За актуальністю розглянутої проблеми, науковим рівнем її вирішення, загальним обсягом досліджень, теоретичною і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота повністю відповідає пунктам 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, **Бабій Андрій Васильович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

**Офіційний опонент:** заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аграрної інженерії Луцького національного технічного університету



**Дідух Володимир Федорович**



ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:  
Учений секретар  
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
доц. А.Земко

