

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет механіко-технологічний

НУБІП України

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри тракторів,
автомобілів та біоенергоресурсів
Чуба В.В.

НУБІП України

« » 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НУБІП України

на тему «Обґрунтувати основні конструкційні параметри пристрою
для покращення оглядовості робочих зон трактора класу 3»

Спеціальність (напрямок підготовки) 208 - «Агроінженерія»
(код і назва)

НУБІП України

Керівник дипломного проекту магістра

Кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

Щарівський Г. В.

НУБІП України

(підпис)

Виконав

Животівський Д.Л.

(підпис)

НУБІП України

КИЇВ-2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет механіко-технологічний

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

тракторів, автомобілів та
біоенергоресурсів,

НУБІП України

к.т.н., доц.

Чуба В.В.

2022 р.

НУБІП України

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту магістра студенту

Животівському Денису Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

НУБІП України

Спеціальність (напрямок підготовки) 208 Агробіоінженерія

(код і назва)

Тема дипломного проекту «Обґрунтувати основні конструкційні параметри пристрою для покращення оглядовості робочих зон трактора класу 3»

НУБІП України

Затверджена наказом ректора НУБІП України від «1» лютого 2021 р. №
189«С»

НУБІП України

Термін подання завершеного проекту на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані по дипломного проекту магістратури

1. Обґрунтування вибраного напрямку роботи, стан питання та завдання досліджень

2. Теоретичні дослідження умов агрегування мобільних енергетичних засобів обладнаних монтажною площадкою

3. Програма і методика експериментальних досліджень

4. Результати експериментальних досліджень та їх аналіз

5. Техніко-економічна оцінка запропонованих технічних рішень

6. Охорона праці

Дата видачі завдання «1» лютого 2021 р.

Керівник дипломного проекту магістратури

Ішкарівський Г.В.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

Животівський Д.Л.

(підпис)

Реферат.....	6
Вступ.....	7
1 Обґрунтування вибраного напрямку роботи, стан питання та завдання досліджень.....	10
1.1. Типи сільськогосподарських агрегатів.....	10
1.2. Аналіз умов агрегування мобільних енергетичних засобів.....	14
1.3. Стан питання.....	17
1.3.1. Вимоги нормативних документів щодо оглядовості вітчизняних тракторів.....	17
1.3.2. Приклади характерних варіантів оглядовості з робочого місця оператора мобільного енергетичного засобу і їх аналіз.....	19
1.3.3. Аналіз методик експериментальних досліджень оглядовості робочих зон машинно-тракторних агрегатів на базі мобільного енергетичного засобу.....	20
1.4. Висновки з розділу.....	23
2 Теоретичне обґрунтування параметрів розташування поста керування мобільного енергетичного засобу.....	25
2.1. Кінематичний аналіз оглядовості з поста керування мобільного енергетичного засобу.....	25
2.1.1. Аналіз оглядовості під час роботи МЕЗ на реверсі зі збиральними машинами.....	25
2.1.2. Аналіз оглядовості під час роботи МЕЗ в штатному режимі за умови забезпечення високих показників точності руху.....	32
2.2. Динамічний аналіз точності руху машинно-тракторного агрегату в залежності від характеристик оглядовості.....	42
2.2.1. Результати динамічного моделювання точності руху машинно-тракторного агрегату.....	42
2.3. Пошукові варіанти покращення оглядовості з поста керування мобільного енергетичного засобу тягового класу 3.....	48
2.3.1. Аналіз конструкцій існуючих пристроїв для переміщення кабін мобільних енергетичних засобів.....	49
2.3.2. Обґрунтування конструкції пристрою для переміщення кабіни.....	53
3. Програма і методика експериментальних досліджень.....	58
3.1. Програма робіт та об'єкти досліджень.....	58
3.2. Методика досліджень.....	58
3.3. Об'єкти експериментальних досліджень.....	59
3.4. Прилади, апаратура та обладнання для проведення досліджень.....	61
3.5. Схема дослідів та визначення кількості їх повторностей.....	62
3.6. Умови та методика проведення дослідів.....	65
3.7. Методика обробки експериментальних даних.....	70
3.8. Висновки з розділу.....	75
4. Результати експериментальних досліджень та їх аналіз.....	73

4.1. Перевірка відповідності нормальному закону розподілу отриманих результатів експериментальних даних	76
4.2. Аналіз результатів експериментальних даних	78
4.2.1. Аналіз результатів експериментальних даних оглядовості з поста керування мобільного енергетичного засобу	78
4.2.2. Результати полігонних випробувань з визначення передавальної функції підсилювальної ланки	82
4.3. Висновки з розділу	84
5. Економічна ефективність	
5.1. Методика проведення техніко-економічної оцінки	
5.2. База даних для проведення техніко-економічної оцінки та її результати...	
5.3. Висновки з розділу	
Загальні висновки	85
Список використаної літератури	87

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Магістерська робота виконана на _____ сторінках машинописного тексту пояснювальної записки формату А-4, що містить _____ формули, _____ таблиці, _____ рисунків, _____ джерел.

Магістерська робота присвячена підвищенню ефективності використання енергозасобів класу 3 за рахунок покращення оглядовості. В першому розділі пояснювальної записки розглянуто передумови покращення оглядовості з поста керування мобільного енергетичного засобу з аналізом умов їх впровадження.

В другому розділі проведено теоретичний аналіз впливу оглядовості а умови функціонування сільськогосподарського агрегату з визначенням основних конструктивних параметрів розташування поста керування.

В третьому розділі приведено програму і методику експериментальних досліджень.

В четвертому розділі викладено результати експериментальних досліджень.

В п'ятому розділі розраховано економічну ефективність розробки.

Ключові слова: МОБІЛЬНИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ЗАСІБ, ПОСТ КЕРУВАННЯ, ОГЛЯДОВІСТЬ, ТОЧКА ВІЗУВАННЯ, ВИЛІТ, ТОЧНІСТЬ РУХУ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Виробництво продукції рослинництва в сучасних умовах базується на використанні широкого спектру засобів механізації технологічних процесів, основою яких є машинно-тракторні агрегати (МТА) різного призначення і конструкції. Сьогодні на полях працюють як найпростіші одно операційні та більш складні комбіновані багатоопераційні агрегати створені на базі мобільних енергетичних засобів (МЕЗ), так і складні і вартісні самохідні спеціалізовані комплекси. Останнє є вагомим чинником у формуванні

НУБІП України

собівартості кінцевої продукції сільськогосподарського виробництва, яка істотно залежить від рівня зайнятості мобільних енергетичних засобів у технологічних процесах та ефективності їх використання.

НУБІП України

Актуальність теми. Сьогодні практично в усіх виробників мобільних енергозасобів сільськогосподарського призначення спостерігається тенденція розширення сфери використання МЕЗ за рахунок витіснення самохідних спеціалізованих машин агрегатами на їх базі, що веде до створення нових енергозасобів різних конструкцій і конструктивно-компонувальних схем [6].

НУБІП України

Подібні підходи не завжди мали позитивний вплив на собівартість кінцевої продукції сільського господарства з причин незадовільних умов агрегування енергозасобів з машинами і знаряддями. Однією з причин цього явища є незадовільна оглядовість робочих зон з поста керування мобільним енергетичним засобом. Особливо це має місце при комплектуванні збиральних агрегатів, де оглядовість робочих органів відіграє важливе значення в подальшій роботі агрегату в полі.

НУБІП України

Зважаючи на викладене, можна стверджувати, що має місце гостра необхідність проведення досліджень оглядовості робочих зон агрегатів, які можуть бути створені на базі мобільних енергетичних засобів сільськогосподарського призначення, що дасть змогу ще на стадії проектування як агрегату в цілому, так і енергозасобу зокрема сконцентрувати кошти на оптимальних технічних рішеннях [14].

НУБІП України

НУБІП України

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Вирішення необхідних питань, що розглядаються в магістерській роботі є складовою державної цільової програми реалізації технічної політики в АПК.

Мета роботи та задачі досліджень. Метою досліджень є підвищення ефективності використання енергозасобів класу 3 за рахунок покращення оглядовості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз використання енергозасобів з різними способами агрегатування з технологічними модулями;

- обґрунтувати способи вдосконалення оглядовості робочих зон енергозасобу класу 3 з технологічними модулями;

- обґрунтувати і сформулювати теоретичні залежності для оцінки оглядовості з поста керування енергозасобу класу 3;

- розробити технічні рішення для покращення оглядовості з поста керування енергозасобу класу 3;

- провести експериментальні дослідження для підтвердження теоретичних побудов;

- визначити економічну ефективність використання запропонованих технічних рішень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1 - зазначити подальшого розвитку питання теоретичних досліджень оглядовості з

поста керування енергозасобу; 2 – запропоновано варіанти розташування

точки відліку для енергозасобів класу 3; 3 - проведено теоретичну і

експериментальну оцінку оглядовості з поста керування енергозасобу класу 3.

Практична значимість роботи полягає в тому, що розроблені методи теоретичних і експериментальних досліджень, пристрої для покращення умов

агрегатування дозволяють вивчати і удосконалювати агрегати на базі

тракторів класу 3 і забезпечити підвищення ефективності їх використання.

Запропоновані технічні рішення можуть бути впроваджені як на заводах-виготовлювачах енергозасобів, так і в господарствах населення.

Особистий внесок здобувача.

Основні дослідження за темою магістерської роботи отримано особисто, постановку завдань, аналіз і синтез одержаних результатів досліджень виконано спільно з науковим керівником та науковцями ННЦ «ІМЕСГ». У технічних рішеннях частка всіх співавторів однакова.

Апробація результат магістерської роботи. Результати магістерської роботи були оприлюднені на підсумковій конференції (он-лайн) II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Агроінженерія». (НУБіП Україна, 28 квітня 2021 року).

Об'єкти досліджень – процес та технічні засоби для забезпечення оглядовості з поста керування енергозасобу.

Предмет досліджень. Параметри поста керування та розташування точки відліку енергозасобу, теоретичні та експериментальні закономірності процесу візування з поста керування енергозасобом.

Методи досліджень. Теоретичні та експериментальні з їх аналізом та комп'ютерним проектуванням. Експериментальні дослідження проводились відповідно існуючих методик і галузевих стандартів у лабораторних і польових умовах з використанням методів планування багатofакторних експериментів. Обробка та аналіз результатів експериментальних досліджень проводились з застосуванням сучасних методів математичної статистики на персональному комп'ютері з використанням прикладних програм.

Публікації. За темою магістерської роботи підготовлено студентську наукову роботу та тези доповіді у співавторстві.

НУБІП України

1.1 Типи сільськогосподарських агрегатів

Навісні машини та знаряддя не мають своєї ходової частини та передають всю вагу та тягове зусилля на ходову частину трактора.

Прикладами підвісних машин є плуг (рис. 1.1.), навантажувач, екскаватор.

Деякі навісні машини та знаряддя, наприклад плуги, можуть мати опорні колеса, що регулюють глибину обробітку ґрунту, але на них передається лише незначна частка ваги.



Рис. 1.1. John Deere 8345R підчіплення плуга Lemken

При фронтальній наважці машина, що агрегується, або знаряддя розміщуються попереду трактора, наприклад бульдозерний відвал, валкова жниварка, фронтальний навантажувач (рис 1.2.).

НУБІП України



Рис. 1.2. Фронгальний погрузчик НТНІ-1800 на тракторі John Deere 6110В.

При центральній наважці машина, що агрегується, розміщується під остовом трактора. Це може бути, наприклад, культиватор, фреза для видалення асфальту (рис.1.3), обладнання для нанесення дорожньої розмітки



Рис. 1.3. Трактор Беларус-82 із дорожньою фрезою ДСМ-121.

При бічній навішуванні машина, що агрегується, розміщується збоку трактора. Це може бути косарка (рис. 1.4), обприскувач, канал-контатель.



Рис. 1.4. Трактор Massey Ferguson 6713 з боковою роторною косилкою Kverneland Taarup.

При задній навішуванні машина, що агрегується, розміщується ззаду трактора. Це може бути плуг, борона, сівалка (рис. 1.5.).



Рис. 1.5. Case 530 із сівалкою СЕЛФОРД-580.

Ряд машин маєть комбіновану наважку. Наприклад, попереду трактора встановлюється бульдозерний відвал, а позаду - екскаваторне обладнання.

Напівнавісні (напівпричіпні) машини мають свою ходову частину, що сприймає значну частку ваги машини. Частина ваги, що залишилася, передається на ходову частину трактора. Прикладами напівнавісних машин можуть бути одновісні причіпи, підбирачі, одновісні причіпні комбайни.

Зазвичай напівпричіпні машини агрегатуються позаду трактора, але зустрічаються і машини, що агрегатуються попереду, наприклад навантажувачі коренеплодів.

Причіпні машини мають свою ходову частину, що повністю сприймає їхню вагу. Такі машини навантажують трактор лише тяговим зусиллям.

Прикладами причіпних машин є двоосові причіпи, фуражири, волокуші.

Навісна система сприймає вагу та інші сили, створені навісною машиною та забезпечує управління її становищем. Напіпні системи сучасних тракторів мають гідравлічний привід і часто називаються гідронавісними.

Задня навісна система сільськогосподарського трактора зазвичай має багатоланковий важільний механізм з уніфікованими точками кріплення.

Такий механізм складається з двох нижніх поздовжніх тяг, шарнірно прикріплених до кістяка трактора, одного або двох верхніх важелів, пов'язаних вертикальними тягами регульованої довжини з нижніми поздовжніми тягами,

гідроциліндра, пов'язаного з верхніми тягами і кронштейн кріплення центральної тяги.

Причіпні пристрої використовуються для агрегування трактора з причіпними та напівпричіпними машинами. Можуть бути жорсткими та

керованими. Жорсткий причіпний пристрій є гаком, кронштейном, сферичною опорою або елементом автоматичного зчеплення, закріпленим на задній частині остова трактора. Жорсткий причіпний пристрій незручний при

агрегуванні з напівпричіпними машинами, так як при зчіпці доводиться вручну піднімати дишло цієї машини. Зручніші гідрофіковані зчіпні пристрої,

що дозволяють регулювати положення гака гідроциліндром.

1.2 Аналіз умов агрегування мобільних енергетичних засобів

Напівнавісні сільськогосподарські машини або знаряддя передають частину своєї маси на енергозасіб через навісний пристрій або опорні платформи, елементи і т.п. Конкретне значення сільськогосподарської машини, що передається, на енергозасіб коливається, як правило, в межах від 5,0 до 50%. Решта маси сільськогосподарської машини розподіляється її власні опорні елементи (найчастіше колісний хід).

Начіпні сільськогосподарські машини або знаряддя під час роботи або транспортування можуть повністю свою масу переносити на енергозасіб, збільшуючи вертикальне навантаження на його рушій.

Головна перевага навісних машин – велика маневреність агрегату і звідси підвищена продуктивність, різноваріантність способів поворотів та розворотів наприкінці гону поля. Це зумовило масовість застосування саме цього способу агрегування сільськогосподарських машин та знарядь.

Недоліком є складність навішування ряду машин, підвищені витрати часу на їх монтаж та демонтаж, необхідність додаткової пристосованості енергозасобу до навішування та закріплення на них сільськогосподарської машини. Однак ці недоліки по можливості усуваються за допомогою різних конструктивних рішень, особливо у варіанті використання сільськогосподарських машин як швидкознімні та змінні адаптери.

Зблоковані з енергозасобом сільськогосподарські машини - це варіант повнонавісних на енергозасіб машин, при якому технологічна машина вмонтована в конструкцію енергозасобу і є єдиним з ним самохідним енерготехнологічним агрегатом.

Цей варіант агрегування має два різновиди. Перша, коли енергозасіб і технологічна машина є єдиною конструкцією, що виготовляється на промисловому підприємстві (самохідні зернозбиральні, кормозбиральні, картоплезбиральні, бурякозбиральні комбайни).

Друга - в господарство поставляється окремо сільськогосподарська машина і спеціальний енергозасіб, що вивільняється, — самохідне шасі, на яке в умовах господарства можна самостійно навісити складну сільськогосподарську машину і підключити до неї систему приводу робочих органів.

Переваги першого різновиду одноблочного агрегату ті ж, що й у будь-якої повнонавісної сільськогосподарської машини — повна автономність, підвищені маневреність і продуктивність, універсальність способів руху, а додатково можливість фронтального наважування сільськогосподарської машини, хороша її оглядовість під час роботи.

Недолік — недовикористання енергетичних та силових агрегатів одноблочної конструкції протягом року. Технологічна сільськогосподарська машина за своїм призначенням має сезонний характер навантаження., працює протягом року, як правило, в середньому не більше 200 год. протягом року після завершення сезонних робіт простоє, що з економічних позицій знижує коефіцієнт фондovіддачі [108].

У зв'язку з цим і народилася ідея енергозасобу, що вивільняється.

Незважаючи на зовні очевидні переваги в такому варіанті агрегування технологічної сільськогосподарської машини (річне завантаження енергозасобу може перевищувати річне завантаження сільськогосподарської машини в 2-3 рази), ця ідея майже за 60 років свого існування так і не знайшла масового застосування. В окремі роки в нашій країні і за кордоном енергозасоби, що вивільняються, з набором навісних сільськогосподарських машин випускалися навіть великими промисловими партіями. Проте цілнблочні конструкції самохідних технологічних машин все ж таки користувалися завжди великим попитом. І в даний час за масовістю застосування цілнблочних самохідних енерготехнологічних машин

займають домінуюче положення. Правда, не можна не відзначити, що в ряді країн енергозасоби, що вивільняються, знаходять застосування: у Німеччині — "Унімог", Білорусії — "Полісея", США — "NEV IDEA" і т.д., але в цілому по всіх

країнах потенційно економічно високоефективна інженерно-технічна ідея створення енергозасобу, що вивільняється, з комплектом змінних технологічних сільськогосподарських машин, так і залишилася в обмеженому застосуванні через ряд експлуатаційних особливостей. Аналіз багаторічної експлуатації подібних комплексів машин виявив чотири їх найістотніших недоліки [18, 30, 66, 91, 106].

Перший - тривалість і трудомісткість навішування технологічних машин на енергозасіб, особливо складних машин із великим набором робочих органів. Різними конструктивними рішеннями іноді вдавалося дещо підвищувати цей показник, але в цілому по всьому набору навісних машин усунути цей недолік не вдалося. Тому в умовах рядової експлуатації енергозасіб, що потенційно вивільняється, один раз заблокований з якоюсь однією машиною, так і залишався до кінця свого терміну служби з цією машиною, перетворившись на звичайну цільноблочну самохідну.

Тим не менш, сучасна інженерна думка, в останні роки підкріплена комп'ютерними програмами проектування, отримала значно більші можливості, ніж раніше на вибір різних принципів навішування, компоновання і т.п. Спроби усунути цей перший недолік енергозасобу, що вивільняється, активно продовжуються і, можливо, незабаром з'являться швидкістиковані, нетрудомісткі варіанти агрегування навісних сільськогосподарських технологічних машин. Другий недолік - підвищені вимоги до експлуатаційної надійності енергозасобу, що вивільняється.

Пропрацювавши з однією технологічною машиною, воно, щоб уникнути зриву інших сільськогосподарських робіт відповідно до сівозміни, має також надійно працювати з другою машиною, третьою і т.д. і в наступні роки бути готовою повторювати цей цикл. Оскільки кожна навісна сільськогосподарська машина впливає на конструкцію енергозасобу силовими навантаженнями, то забезпечити рівномірність цього енергозасобу на всіх видах робіт досить складно. Тому в нього закладаються підвищені потужності, міцності та інші ресурси в порівнянні зі звичайною конструкцією цільноблочного з

технологічною машиною енергосилового агрегату. Деякі розробники бачать вихід із цього становища обмеження номенклатури навісних машин, орієнтації більш прості технологічні машини, необхідних виконання сільськогосподарських робіт у господарському євразміні

НУБІП України

1.3. Стан питання

1.3.1. Вимоги нормативних документів щодо оглядовості вітчизняних тракторів

Проведення досліджень з оглядовості передбачає порівняння результатів з нормативними значеннями показників.

Міждержавним стандартом ГОСТ 12.2.019 передбачено кути, які визначають оглядовість сільськогосподарського трактора – рис. 1.6 [1, 3].

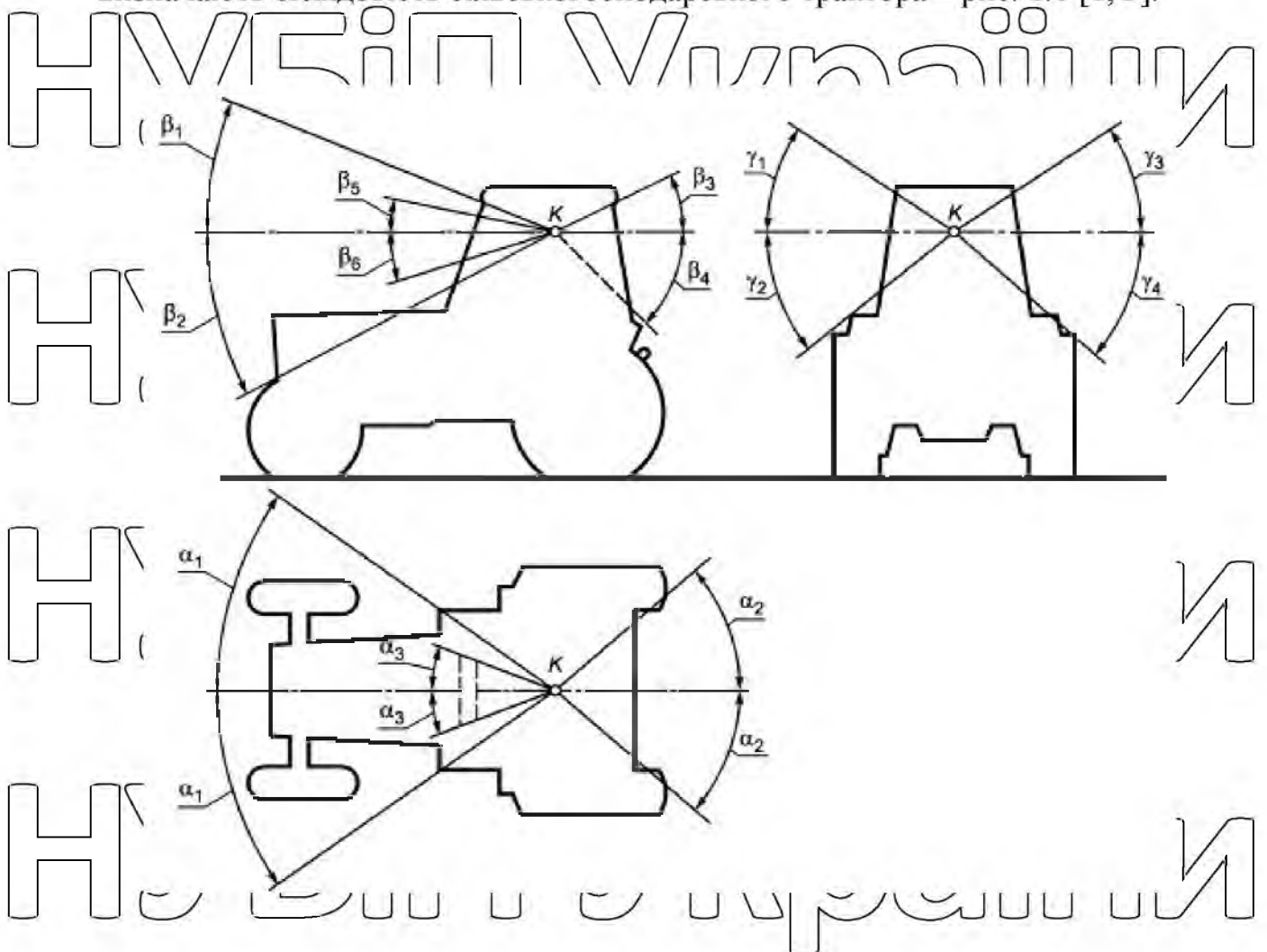


Рис. 1.6. Кути огляду з кабіни сільськогосподарського трактора [3]

Як видно з рис. 1.1. стандарт передбачає нормування оглядовості з поста керування мобільного енергетичного засобу через кути огляду. Рекомендовані нормативними документами кути огляду через вікна сільськогосподарського трактора вказані у табл. 1.1 [1, 3].

Таблиця 1.1
Рекомендовані значення кутів огляду через вікна сільськогосподарського трактора [1, 3]

Зона огляду	Позначення кута огляду	Кут огляду тракторів		
		колісних*		гусеничних (всіх класів)
		тягових класів 0,6 - 2	тягових класів більше 2	
Передня	α_1	60°	60°	60°
	β_1^{**}	12°	8°	5°
	β_2	35°	35°	35°
Бічна	γ_1, γ_3	10°	5°	5°
	γ_2, γ_4	35°	25°	30°
Задня	α_2	30°	30°	30°
	β_3	11°	8°	8°
	β_4^{***}	30°	30°	30°
Передня (через частину лобового скла, яка очищається склорочишником)	α_3	20°	20°	20°
	β_5	8°	5°	3°
	β_6	20°	20°	20°

* Для тракторів тягових класів 5 і вище зі зміщеним вправо сидінням кути огляду повинні бути не менше: $\alpha_1 = 60^\circ$; вліво; $\alpha_1 = 25^\circ$ вправо; $\gamma_2 = 35^\circ$; $\gamma_4 = 20^\circ$.

** Для тракторів, що виконують транспортні роботи на дорогах загальної мережі.

*** Допускається зменшення кута до 20° для тракторних самохідних шасі з розташуванням двигуна ззаду кабіни.

Приведені вимоги є загальними для тракторів, однак в науковій літературі можна зустріти і інші варіанти оцінювання оглядовості та методики для їх здійснення.

1.3.2. Приклади характерних варіантів оглядовості з робочого місця оператора мобільного енергетичного засобу і їх аналіз

Робоче місце оператора самохідної сільськогосподарської техніки має бути обладнане підресореним сидінням з спинкою. Для дотримання ергономічної робочої пози конструкція сидіння зі спинкою повинна забезпечувати вільне розміщення оператора та мати регулювання положення сидіння, забезпечувати регулювання положення сидіння у горизонтальному та вертикальному напрямках, регулювання жорсткості підресорювання підвіски сидіння залежно від маси оператора, а також регулювання кута нахилу спинки сидіння. Сидіння в кабіні самохідної сільськогосподарської техніки, за винятком кабін самохідних сільськогосподарських машин, мають бути оснащені ременями безпеки.

Кабіни самохідної сільськогосподарської техніки повинні бути забезпечені футляром для аптечки першої медичної допомоги, пристроями для кріплення термоса або іншої ємності для питної води, для верхнього одягу оператора та місця для зберігання експлуатаційної документації. Також кабіни мають бути обладнані пристроєм, що захищає особу оператора від прямих сонячних променів.

Конструкція самохідних сільськогосподарських для сидячих на робочому місці оператора машин має забезпечувати огляд наступних об'єктів:

- простору робочих зон; зон, що забезпечують безпеку водіння;
- робочих органів, які потребують візуального контролю під час виконання технологічного процесу;
- зон вивантаження технологічного продукту на транспортний засіб;
- елементів конструкції сільськогосподарської техніки, що служать для навішування та з'єднання з машинами та знаряддями, необхідними для виконання технологічного процесу та що знаходяться у робочому положенні;

– габаритних точок сільськогосподарської техніки, необхідних її управління, зокрема маркера.

Для самохідних сільськогосподарських машин кути огляду через вікна кабін повинні забезпечувати огляд у процесі руху.

Кабіни самохідної сільськогосподарської техніки, яка може переміщатися у транспортному потоці, мають бути обладнані зовнішніми дзеркалами заднього виду ліворуч і праворуч. Допускається обладнати кабіни зовнішнім дзеркалом заднього виду лише зліва.

Сільськогосподарські колісні та гусеничні трактори повинні бути сконструйовані та обладнані таким чином, щоб час дорожнього руху та сільськогосподарських робіт у оператора було достатнє поле огляду у всіх звичайних умовах дорожнього руху та роботи в полі.

1.3.3. Аналіз методик експериментальних досліджень оглядовості робочих зон машинно-тракторних агрегатів на базі мобільного енергетичного засобу

Мобільний енергетичний засіб – багатофункціональна машина, в процесі використання якої діяльність людини здійснюється за двома напрямками, а саме: - забезпечення експлуатації власне енергетичного засобу; - забезпечення виконання технологічної операції, або технологічного процесу.

Відповідно до цього в роботі [4] розрізняється технічна і технологічна експлуатація МЕЗ. Піднята в даній роботі проблема відноситься до технологічної експлуатації МЕЗ, яка на сучасному етапі ще не достатньо вивчена, що обумовлює необхідність використання нових підходів у дослідженні енергозасобів і агрегатів на їх базі, включаючи і оглядовість робочих органів [11].

Сьогодні відомі роботи, які констатують вимоги до зон оглядовості енергозасобів, виходячи з фізіологічних особливостей людини та з урахуванням втомлюваності оператора [2]. Однак тут відсутні методики

проведення оцінювання показників оглядовості в реальних умовах експлуатації машин.

В роботах [12] та [13] проаналізовані діючі методики та приведені вдосконалені варіанти методик оцінювання оглядовості на стадії проектування та випробування сільськогосподарських тракторів і машин.

Однак, не зважаючи на вдосконалення, викладені в цих роботах методики достатньо затратні з точки зору затрат часу та і обладнання, яке передбачено використовувати.

Зокрема в роботі [13] розглядається методика оцінювання параметрів оглядовості машин на стадії їх проектування, яка досить детально розроблена на кафедрі нарисної геометрії і креслення Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ) і добре зарекомендувала себе при оцінці оглядовості таких машин, як Т-150км, СШ-28 і ін.

Тут же дано аналіз діючих методик. Зокрема вказано, що на стадії державних випробувань дослідних зразків нових машин використовується широко відомий світлотіньовий спосіб, при якому в точку огляду поміщається джерело світла, а на горизонтальній площадці обводиться падаюча тінь усіх елементів кабіни і машини в цілому. Потім на тіньовій картині перевіряється відповідність отриманих параметрів оглядовості їх нормативним значенням.

До недоліків цього способу слід віднести наступне: трудомісткість такого способу; наявність спеціального приміщення; невисока точність визначення параметрів; неможливість оцінки параметрів оглядовості з урахуванням біокулярного зору, що ставить під сумнів використання такого способу на практиці.

На наш погляд, як найбільш доцільним, досить точним і не трудомістким способом оцінки параметрів оглядовості машин на стадії їх випробувань може бути фотографічний спосіб з подальшою графоаналітичною обробкою знімків. Для цієї мети необхідно використання спеціальних стерео-

панорамних фотокамер, аналогічних розробленої на кафедрі нарисної геометрії ХНТУСГ (А.С. 702865 (СССР). Панорамная стереофотокамера).

За допомогою такої камери, розташованої в точці огляду кабіни, проводиться кругова фотозйомка, в результаті якої виходить стерео-панорамне зображення в куті зору 360° . Потім, безпосередньо на негативах або на збільшених відбитках виробляють необхідні виміри, а по ним - відповідні розрахунки параметрів оглядовості машини з робочого місця оператора.

До числа найбільш характерних властивостей оглядовості відносяться горизонтальні і вертикальні кути огляду, а також значення величин, що заступають тіней від елементів кабіни на колі радіуса 12 м, розташованого на площині стояння машини, співвісно з точкою огляду.

Всі перераховані параметри можуть бути визначені за вказаними вище стерео-панорамним знімком. Спрощену геометричну схему апарату для отримання таких зображень фотографічним методом представлена на рис 2.1.

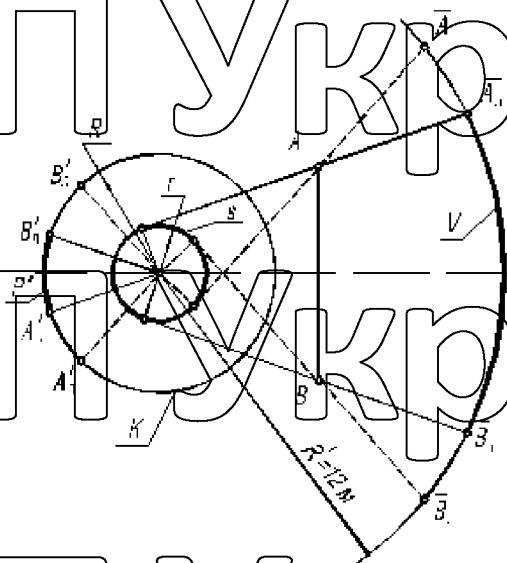


Рис. 2.1 Спрощену геометричну схему апарату для отримання зображень фотографічним методом

Подібні методика, на нашу думку, доцільно використовувати тоді, коли необхідно оцінити оглядовість лише з урахуванням елементів енергозасобу.

У роботі [10] запропоновано проводити оцінювання оглядовості робочих органів збиральних машин з допомогою коефіцієнта оглядовості, який має вигляд:

$$K = 1 - \frac{S_{\text{нз}}}{S_{\text{б}}}, \quad (1.1)$$

де K - коефіцієнт оглядовості;

$S_{\text{б}}$ - площа бажаної зони огляду оператора обмежена горизонтальною площиною, яка проходить через точку відліку (очі оператора) і похилою площиною, в якій розміщується промінь нижньої межі оптимальної зони оглядовості [2], мм²;

$S_{\text{нз}}$ - площа невидимої зони оператора (обриси (тіні) вузлів і агрегатів енергозасобу), яка є складовою бажаної зони $S_{\text{б}}$, мм².

Використання запропонованої залежності не дає можливості оцінити оглядовість робочих органів збиральної машини, які потребують візуального контролю, а лише констатують розмір вільної для оглядовості зони, де гіпотетично можуть розташовуватись такі робочі органи без урахування умов агрегування.

Таким чином, з приведених робіт важко встановити де повинні розташовуватися як очі оператора, так і пост керування (кабіна) енергозасобу для того, щоб забезпечити задовільну оглядовість робочих органів збиральних машин, або якими параметрами повинні володіти складові агрегату з метою забезпечення задовільної оглядовості робочих органів, які потребують візуального контролю.

1.4. Висновки з розділу

В результаті проведеного аналізу встановлено:

1. Машинно-тракторні агрегати сільськогосподарського призначення потребують забезпечення задовільної оглядовості робочих органів з поста керування енергозасобом.

2. Машинно-тракторні парки сільськогосподарських підприємств повинні мати високоуніверсальні енергозасоби з розвиненими пристроями для агрегування.

3. З метою зниження собівартості продукції сільського господарства потрібно розширити сферу використання мобільних енергетичних засобів за рахунок використання їх у складі збиральних агрегатів.

4. Для забезпечення використання мобільних енергетичних засобів в якості бази для створення збиральних агрегатів необхідно підвищити показники їх оглядовості до рівня характерного спеціалізованим самохідним машинам.

5. Оглядовість з поста керування енергозасобу повинна забезпечуватись в зоні окресленій кутом нахилу променя зору оператора 15° від горизонтальної лінії, яка проходить через точку відліку (очі оператора).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
РОЗТАШУВАННЯ ПОСТА КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНОГО
ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ

2.1. Кінематичний аналіз оглядовості з поста керування мобільного енергетичного засобу

Використання мобільного енергетичного засобу (МЕЗ) у складі машинно-тракторного агрегату передбачається у двох варіантах побудови таких агрегатів, а саме:

- агрегат, який передбачає роботу мобільного енергетичного засобу (МЕЗ) на реверсі (збиральні агрегати з начинними технологічними модулями, навантажувальні агрегати тощо);
- агрегат, який передбачає роботу МЕЗ у штатному режимі (агрегати для основного, передпосівного обробітку ґрунту, сівби, догляду за культурами тощо).

Аналіз оглядовості з поста керування мобільним енергетичним засобом доцільно проводити з урахуванням саме цих двох варіантів побудови агрегатів з тим, щоб обґрунтувати оптимальне технічне рішення щодо пристрою для покращення оглядовості робочих зон МЕЗ.

2.1.1. Аналіз оглядовості під час роботи МЕЗ на реверсі зі збиральними машинами

Аналіз оглядовості робочих зон агрегату будь-якої конструкції зводиться до побудови зображення променя зору, який виходить з точки відліку K (очей оператора) з подальшою оцінкою зорової доступності зон, які потребують візуального контролю під час роботи агрегату даного типу і

перетинається з опорною поверхнею у точці **A** (точці візування), яка і може слугувати однією з найбільш вагомих характеристик оглядовості – рис. 2.1

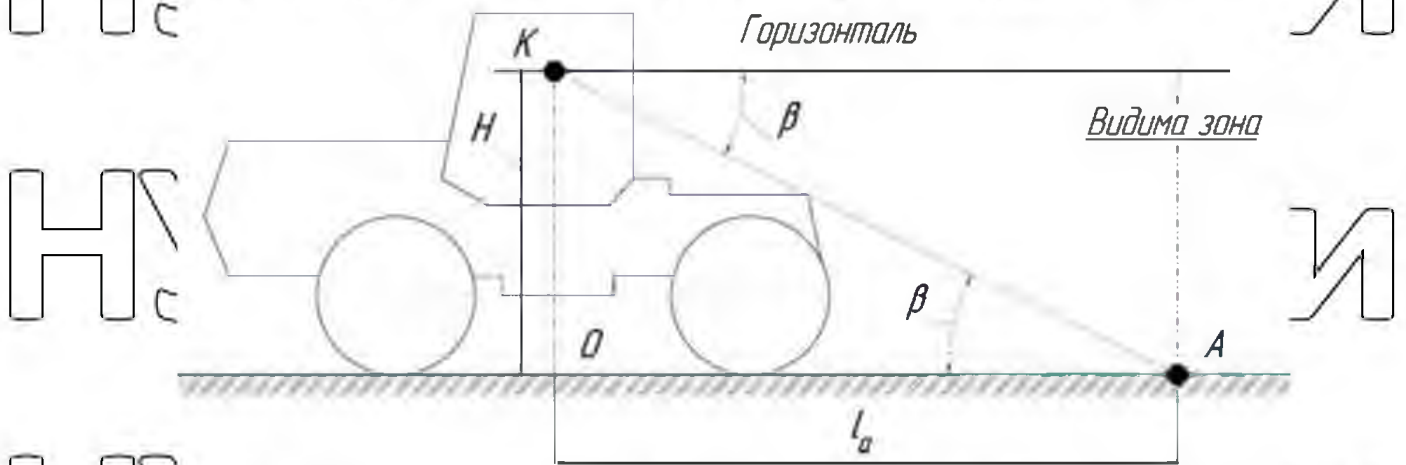


Рис. 2.1. Розрахункова схема для визначення вильоту точки візування під час використання енергозасобу на реверсі [10, 11]

Експлуатація мобільних енергетичних засобів і агрегатів на їх базі вимагає значних психологічних та фізичних навантажень на оператора, що впливає на рівень втомлюваності останнього, а, звідси, і на показники ефективності виконання технологічних операцій через зниження продуктивності праці та створення аварійних ситуацій за умов значного втомлення. Особливо це характерно для збиральних агрегатів, які створені на базі МБЗ через проблеми з агрегуванням останніх (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Збиральний агрегат на базі трактора типу ХТЗ-161Б1

Вивчення і оптимізація умов роботи оператора лежить в площині питань, якими займається наука ергономіка. Стосовно проблем, висунутих в даній роботі, це питання оглядовості робочих зон оператора. В роботі [2] вказано, що мінімального втомлення під час візуального контролю за роботою об'єктів спостереження оператор буде зазнавати за умови, якщо зона оглядовості буде окреслена горизонтальною площиною, яка проходить через точку відліку (очі оператора) і площиною, яка також проходить через точку відліку і опущена вниз від горизонтальної площини на 30° . Промінь, який виходить з точки відліку перетинає опорну поверхню в точці A , яку будемо називати точкою візування. Точка A найближче розташована до агрегату і її задовільно спостерігає оператор з допустимим фізіологічним навантаженням. Стосовно МЕЗ, який працює в складі збирального агрегату, зона оглядовості робочих органів машини буде визначатись з наступних міркувань (див. рис. 2.1).

Використання МЕЗ у складі збирального агрегату з начіпним технологічним модулем передбачається на реверсі. В такому випадку зона розташування робочих органів технологічного модуля, які потребують візуального контролю окреслюється горизонтально, яка проходить через точку відліку K і променем, який виходить з точки відліку K і проходить через точку візування A (точку перетину променя зору з опорною поверхнею). Згаданий вище промінь KA може проходити також через точки, або лінії, які характеризують обриси енергозасобу.

Для схеми зображеної на рис. 2.1 характерні наступні співвідношення:

$$\frac{H}{L_a} = \tan \beta, \quad (2.1)$$

звідки

$$L_a = \frac{H}{\tan \beta}, \quad (2.2)$$

де H – висота розташування точки відліку K (очей оператора), м;
 L_a – відліт точки візування, м;

β – кут нахилу променя зору, який показує нижню межу зони оглядовості оператора, град.

Аналіз залежностей (2.1) (2.2) вказує на те, що кут β нахилу променя K_A , який характеризує нижню межу зони оглядовості оператора і виліт точки візування l_a прямо пропорційні висоті H розташування точки відліку K . Зважаючи на те, що кут нахилу нижньої межі зони оглядовості β , для забезпечення мінімальної втомлюваності оператора не повинен перевищувати 30° [2], можна стверджувати, що забезпечити задовільну оглядовість робочих органів з дотриманням вимог ергономіки досить складно. Це пояснюється тим, що висота розташування точки відліку сучасних МЕЗ істотно перевищує 2 метри, в той час, як кожен метр висоти забезпечує мінімальний розмір вильоту точки візування на рівні 1,73 м (розрахунок, проведено для кута $\beta=30^\circ$), що, в кінцевому випадку, для реального агрегату забезпечить виліт точки візування не менше 3,5 м. Така відстань істотно перевищує аналогічні показники для спеціалізованих самохідних машин, тим самим істотно погіршуючи, а іноді і унеможливаючи оглядовість робочих органів, в чому і полягає одна із проблем в агрегуванні МЕЗ з напірними збіральними машинами (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Оглядовість робочих органів жатки кормозбирального комбайна на базі ХТЗ-16131

Крім того, з аналізу рисунків 2.2 і 2.3 можна прогнозувати, що для кормозбирального агрегату на базі трактора ХТЗ-16131 кут β буде набувати значень менших за 30° , що істотно збільшує виліт точки візування і погіршує оглядовість робочих органів комбайна.

Крім того, незадовільна оглядовість робочих органів також підсилюється і конструктивними елементами самої збиральної машини (задня вертикальна стінка жатки, мотовило тощо) – рис. 2.3, що потребує окремого дослідження.

У зв'язку з викладеним, нами проведені теоретичні і експериментальні дослідження, які дозволили отримати залежності для оцінювання показників, що впливають на оглядовість робочих органів збирального агрегату на базі МЕЗ.

Умова задовільного огляду точки візування A (рис. 2.4), за наявності задньої стінки жатки збиральної машини агрегатованої на задньому напрямному пристрої трактора типу ХТЗ-16131, для роботи збирального агрегату на реверсі, буде визначатися з певних міркувань.

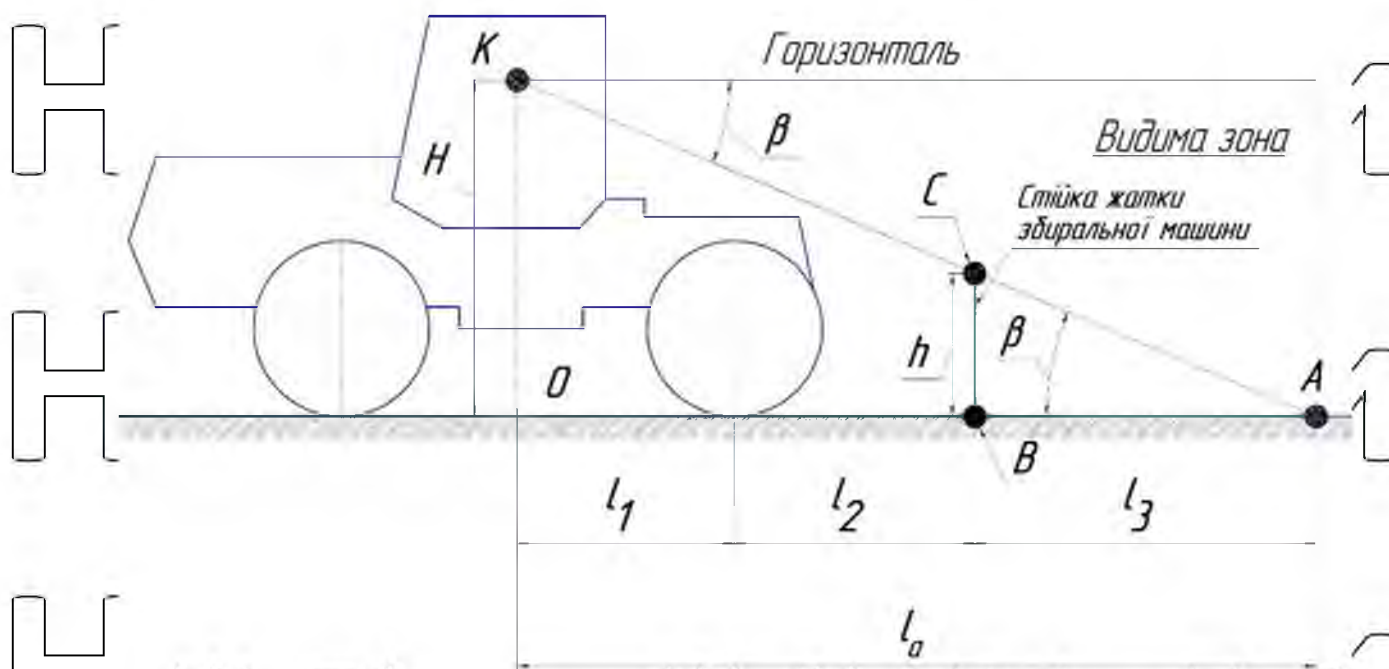


Рис. 2.4. Розрахункова схема для дослідження висоти і розташування вертикальної стінки жатки на оглядовість робочих органів [11]

В основу цих міркувань покладено те, що точка A буде видимою за умови, коли проекція вертикальної стінки жатки у поздовжньо-вертикальній площині буде перетинати промінь зору, який відтворює нижню межу зони оглядовості.

Названий промінь нахилений до горизонту під кутом β , який, для забезпечення мінімального втомлення оператора, може складати 30° з метою досягнення мінімального втомлення оператора проекція вертикальної стінки жатки повинна розташовуватись на деякій відстані l_2 від осі заднього моста енергозасобу (див. рис. 2.4) таким чином, щоб точка C не перевищувала променя KA .

Для визначення необхідної висоти задньої стінки жатки збиральної машини скористаємося подібністю трикутників AKO та ACB . За таких умов

можемо записати:

$$\frac{[KO]}{[OA]} = \frac{[CB]}{[BA]} \quad (2.3)$$

$$[CB] = \frac{[KO] \times [BA]}{[OA]} \quad (2.4)$$

Після заміни позначень сторін у залежності (3.4) характерними відстанями отримаємо:

$$h = \frac{H \times l_3}{l_a} \quad (2.5)$$

або

$$h = \frac{H \times l_3}{l_1 + l_2 + l_3} \quad (2.6)$$

де h - висота задньої стінки жатки збиральної машини, м;

H - висота розміщення точки відліку K (очей оператора) над опорною поверхнею, м;

l_a - відліт точки візування (відстань від вертикальної проекції точки відліку K на горизонтальну площину до точки візування);

l_1 – відстань від вертикальної проекції точки відліку K (точки розташування очей оператора) на горизонтальну площину до вертикальної проекції осі заднього моста на ту ж площину;

l_2 – відстань від проекції осі заднього моста на горизонтальну площину до вертикальної проекції задньої стінки жатки на ту ж площину;

l_3 – відстань від вертикальної проекції задньої стінки жатки на горизонтальну площину до точки візування A .

Відрізок l_3 визначає розмір невидимої зони жатки (або інших елементів збиральної машини, які потребують візуального контролю) і для оцінювання показників оглядовості з поста керування енергозасобу він має істотне значення. Зменшення розміру невидимої зони жатки, тобто зменшення розміру відстані l_3 вказує на покращення показників оглядовості і навпаки,

збільшення відстані l_3 – погіршення показників оглядовості. В такому випадку доцільно вирішити залежність (3.6) відносно l_3 і встановити фактори, які на неї впливають.

Після групування подібних членів залежності (2.6) отримаємо:

$$h \cdot (l_1 + l_2) = l_3 \cdot (H - h),$$

Звідки

$$l_3 = h \left(\frac{l_1 + l_2}{H - h} \right).$$

(3.7)

Використовуючи рис. 3.4 можемо записати:

$$\frac{l_1 + l_2}{H - h} = \cot \beta = \frac{1}{\tan \beta} \quad (2.8)$$

Після підстановки отриманої залежності (2.8) у залежність (2.7) отримаємо:

$$l_3 = \frac{h}{\tan \beta} \quad (2.9)$$

Таким чином найкращих показників оглядовості можна досягти за умови повної відсутності невидимої зони жатки, тобто якщо $l_3 = 0$. Досягти цього можна за умови рівності нулю чисельника виразу (2.9), тобто повністю прибрати (зробити прозорою) задню стінку жатки, що мало вірогідно, на

даному етапі, для конструкцій реальних збиральних машин. В такому випадку досягти бажаних показників оглядовості, які обумовлюються значенням $l_3 = 0$ можливо шляхом максимального збільшення знаменника виразу (2.9), тобто коли $\tan \beta = \infty$, що реалізується за умови $\beta = 90^\circ$ і досягається розташуванням точки відліку K безпосередньо над задньою стінкою жатки.

Таким чином, отримане теоретичним шляхом бажане значення кута β відрізняються від допустимого, згідно вимог ергономіки і рівного 30° . Однак, як показує практика конструювання самохідних збиральних машин пост керування останніх розташовують безпосередньо в зоні задньої стінки жатки, або інших робочих органів, які потребують посиленого візуального контролю. Останнє істотно впливає на компоновальну схему самохідної збиральної машини.

2.1/2. Аналіз оглядовості під час роботи МЕЗ в штатному режимі за умови забезпечення високих показників точності руху

Такий режим роботи МЕЗ найбільш поширений і повинен бути обов'язково проаналізований для найбільш вимогливого в цьому плані агрегату. Таким агрегатом, серед названих вище, є просапний агрегат, точність руху робочих органів якого вздовж рядків рослин істотно залежить від вильоту точки візування A [14].

Вплив характеристик оглядовості, виражених вильотом точки візування, проведемо на математичній моделі запропонованій у роботі [14].

2.1.2.1. Обґрунтування вимог до точності руху

На рис. 2.5 наведена схема руху просапного машинно-тракторного агрегата (МТА) уздовж рядка рослин P , що виконує функцію базисної кривої.

НУБІП УКРАЇНИ

Дотримуючись роботи (Пожидаєв, 1984), для обґрунтування вимог до точності руху МТА виділимо три характерні точки, кожна з яких, в загальному випадку, може бути геометричною. У якості першої приймемо точку A_0 трактора, яку

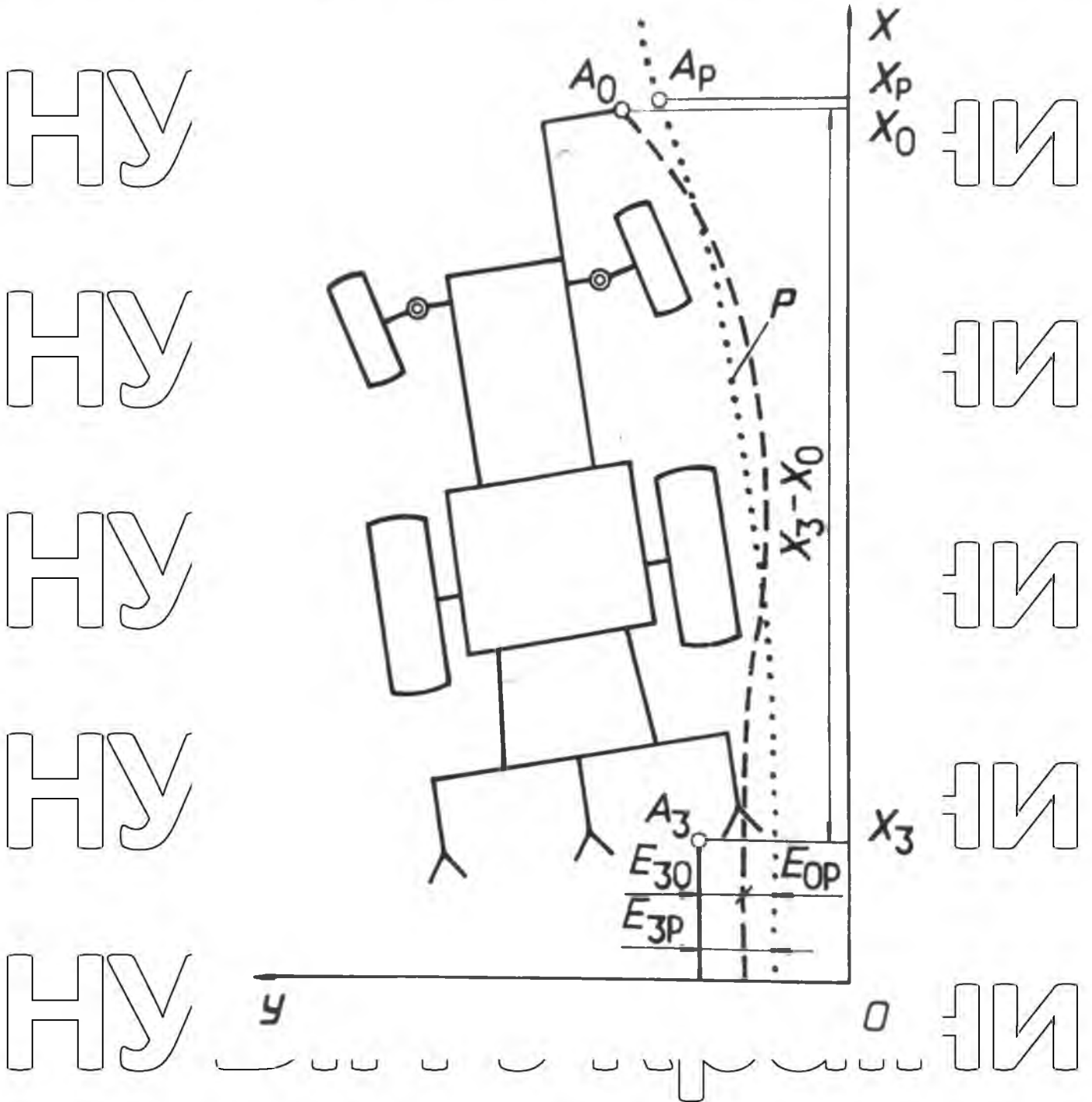


Рис. 2.5. Схема руху просапного машинно-тракторного агрегату вздовж

рядка рослин [14]

НУБІП УКРАЇНИ

водій в процесі руху агрегату намагається поєднати з рядком P . Друга точка A_3 - належить робочій машині. Її положення виберемо так, що при строго прямолінійного руху агрегату, яке виконується при співпадінні точки A_0 з абсолютно прямим рядком P , з ним співпадає і точка A_3 . Точкою A_P позначимо елементарний ділянку рядка P , з якою (ділянкою) водій прагне поєднати точку A_0 трактора в поточний момент часу. В процесі руху точка A_P переміщається одночасно з агрегатом уздовж рядка P . Її траєкторія визначається конфігурацією рядка рослин і може бути описана рівнянням [14]:

$$Y_P = Y_P^{X_P} \approx Y_P^{X_0},$$

де верхні індекси вказують на значення поздовжньої координати X , для якої взяті значення бічних координат Y .

У цей час точки A_0 і A_3 агрегату також описують деякі траєкторії, а саме [14]:

$$\begin{aligned} Y_0 &= Y_0^{X_0} \\ Y_3 &= Y_3^{X_3} \end{aligned}$$

В такому випадку помилка копіювання рядка рослин P точкою A_3 агрегату може бути представлена як функція бічних координат траєкторій перерахованих точок [14]:

$$E_{3P}^{X_3} = Y_3^{X_3} - Y_P = (Y_3^{X_3} - Y_0^{X_3}) + (Y_0^{X_3} - Y_P^{X_3}) = E_{30}^{X_3} + E_{0P}^{X_3}, \quad (2.10)$$

де $Y_3^{X_3}$, $Y_P^{X_3}$ і $Y_0^{X_3}$ - бічні координати траєкторій точок A_3 , A_P і A_0 відповідно, взяті при одному і тому ж значенні поздовжньої координати $X=X_3$,

мм;
 $E_{30}^{X_3} = Y_3^{X_3} - Y_0^{X_3}$ - помилка відпрацювання точкою A_3 агрегата траєкторії точки A_0 , взята при $X=X_3$, мм;

$E_{0P}^{X_3} = Y_0^{X_3} - Y_P^{X_3}$ - помилка відстеження конфігурації рядка рослин точкою візування A_0 (помилка управління), узята при $X=X_3$, мм [14].

Причому досвід експлуатації показує, що при роботі навічних агрегатів помилка копіювання $E_{3p}^{X_3}$ спостерігається навіть тоді, коли помилка відстеження $E_{0p}^{X_3}$ дорівнює нулю. Це дає підставу дослідити, в першу чергу,

вплив помилки відпрацювання $E_{30}^{X_3}$ на розмір помилки копіювання. З урахуванням співвідношення [14]

$$Y_0^{X_3} \approx Y_p^{X_3},$$

що випливає із згаданої вище умови [14]

$$E_{0p}^{X_3} = Y_0^{X_3} - Y_p^{X_3} = 0,$$

помилка відпрацювання може бути записана у вигляді [14]:

$$E_{30}^{X_3} = Y_3^{X_3} - Y_p^{X_3} \quad (2.11)$$

Для дослідження впливу згаданої помилки на точність руху агрегату введемо в розгляд фактичну передавальну функцію агрегату щодо точки A_3 (вихідний сигнал) по траєкторії точки A_p (вхідний сигнал) [14]:

$$W_a^\Phi(p) = \frac{Y_3^{X_3}(p)}{Y_p^{X_3}(p)}, \quad (2.12)$$

де $Y_3^{X_3}(p)$ і $Y_p^{X_3}(p)$ - бічні координати траєкторій точок A_3 і A_p , взяті при значеннях поздовжньої координати X , яка дорівнює відповідно X_3 і X_0 , в зображеннях Лапласа [14];

p - оператор диференціювання,

$$p = d/dt.$$

З її використанням бічні координати траєкторії точки A_3 , які входять у вираз (2.11), можуть бути подані у вигляді функцій від бічних координат точки A_p [14]:

$$Y_3^{X_3}(p) = Y_p^{X_0}(p) \times W_a^\Phi(p). \quad (2.13)$$

У вираз (2.11) входить ще й величина $Y_p^{X_3}$, яка може бути подана у вигляді функції від $Y_p^{X_0}$. Ці величини характеризують собою бічні координати

двох елементарних ділянок однієї і тієї ж лінії, рознесених між собою на відстань [14]

НУБІП УКРАЇНИ

Таким чином, в процесі руху агрегату значення бічної координати $Y_P^{X_3}$

повторюють значення $Y_P^{X_0}(p)$ з запізненням у часі, яке дорівнює [14]:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\tau = (X_3 - X_0) / V, \quad (2.14)$$

де V — швидкість руху агрегату, м/с.

Це дає можливість отримати наступну функціональну залежність (в

зображеннях Лапласа) [14]:

НУБІП УКРАЇНИ

$$Y_3^{X_3}(p) = Y_P^{X_0}(p) \times e^{-\tau p}, \quad (2.15)$$

де $e^{-\tau p}$ — передавальна функція ланки чистого запізнення.

Завдяки співвідношенням (2.13) і (2.15) вираз (2.11) може бути записано

в зображеннях Лапласа наступним чином [14]:

НУБІП УКРАЇНИ

$$E_{30}^{X_3}(p) = (W_a^0(p) - e^{-\tau p}) \times Y_P^{X_0}(p). \quad (2.16)$$

Співвідношення (2.16) дає оцінку похибки відпрацювання як в амплітудній, так і в фазовій областях.

Але для обґрунтування вимог до точності руху МТА необхідним і достатнім є подання похибки відпрацювання лише в амплітудній області, в зв'язку з чим перейдемо до розгляду амплітуди похибки (Попов, 1978) [14]

НУБІП УКРАЇНИ

$$A_E = |W_E(p)| \times a, \quad (2.17)$$

де A_E — амплітуда похибки $E_{30}^{X_3}$ відпрацювання агрегатом рядка рослин, м;

$W_E(p)$ — передавальна функція агрегату за похибкою (в зображеннях Лапласа);

a — амплітуда вхідного сигналу, м.

НУБІП УКРАЇНИ

Передавальна функція агрегату за помилкою може бути визначена

діленням помилки відпрацювання (2.16) на величину вхідного сигналу $Y_P^{X_0}(p)$ [14]:

НУБІП УКРАЇНИ

$$W_E(p) = \frac{E_{30}^{X_3}(p)}{V_P^{X_0}(p)} = W_a^\Phi(p) - e^{-\tau p} \quad (2.18)$$

В такому випадку співвідношення (2.17) набуде вигляду [14]:

$$A_E = |W_a^\Phi(p) - e^{-\tau p}| \times a. \quad (2.19)$$

Звідси, якщо задатися допустимим значенням амплітуди помилки $A_{\text{доп}}$, формулюється обґрунтована вимога до точності руху агрегату вздовж рядків оброблюваних рослин. Вона має вигляд [14]:

$$|W_a^\Phi(p) - e^{-\tau p}| \leq A_{\text{доп}}/a,$$

або, що одне і те ж [14]:

$$|W_a^\Phi(p) - e^{-\tau p}| - A_{\text{доп}}/a \leq 0. \quad (2.20)$$

В співвідношення (2.20) входить фактична передавальна функція агрегату, від якої залежить від конструктивно-компонувальної схеми використаного трактора.

На рис. 2.6. представлена конструктивно-компонувальна схема агрегату з задньонапічним технологічним модулем [14].

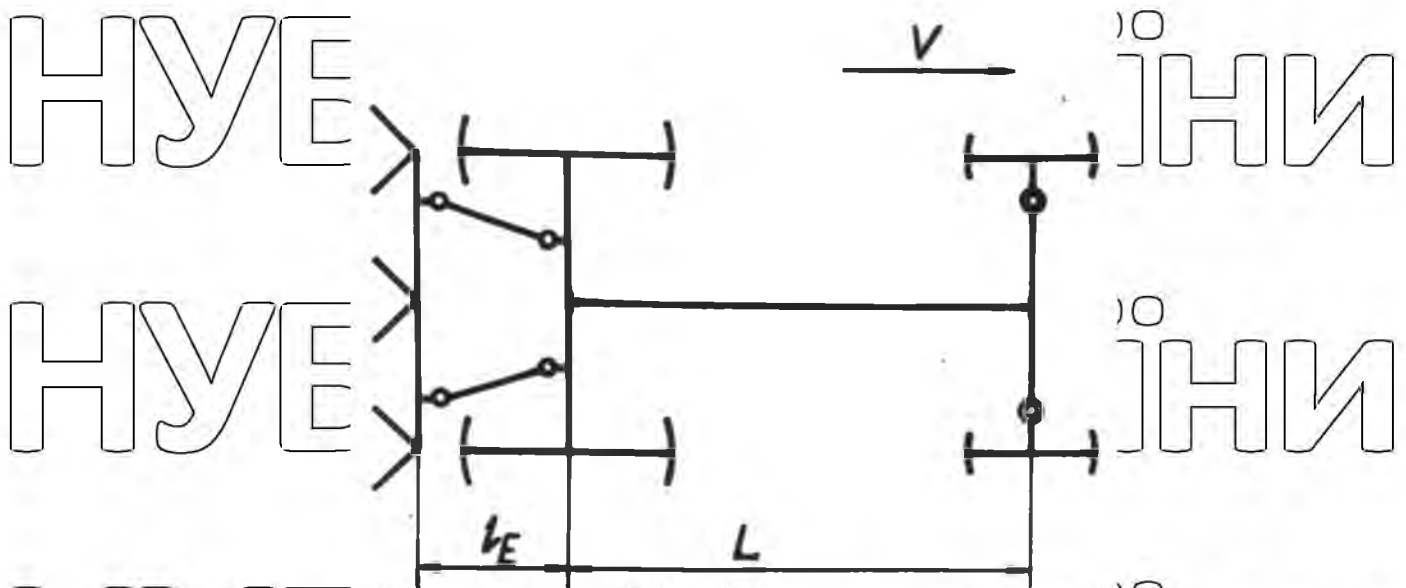


Рис. 2.6. Схема просапного агрегату з задньоначіпним технологічним модулем [14]

Для семи, представленої на рис. 2.6 характерна наступна передавальна функція агрегату [14]:

$$W_a^{\Phi}(p) = \frac{[(-l_B/v) \times p + 1]}{[(L/v) \times p + 1]}, \quad (2.21)$$

З огляду на вираз (2.12) і те, що $Y_p^{X_3} \approx Y_0^{X_3}$ необхідно ввести до розгляду і виліт l_a точки візування A_0 від осі переднього моста трактора [14]

Оскільки у агрегатів створених на базі трактора класичного компоновання з передніми керованими колесами відхилення остова трактора

і точки візування A_0 , яка також жорстко прив'язана до остова трактора, будуть

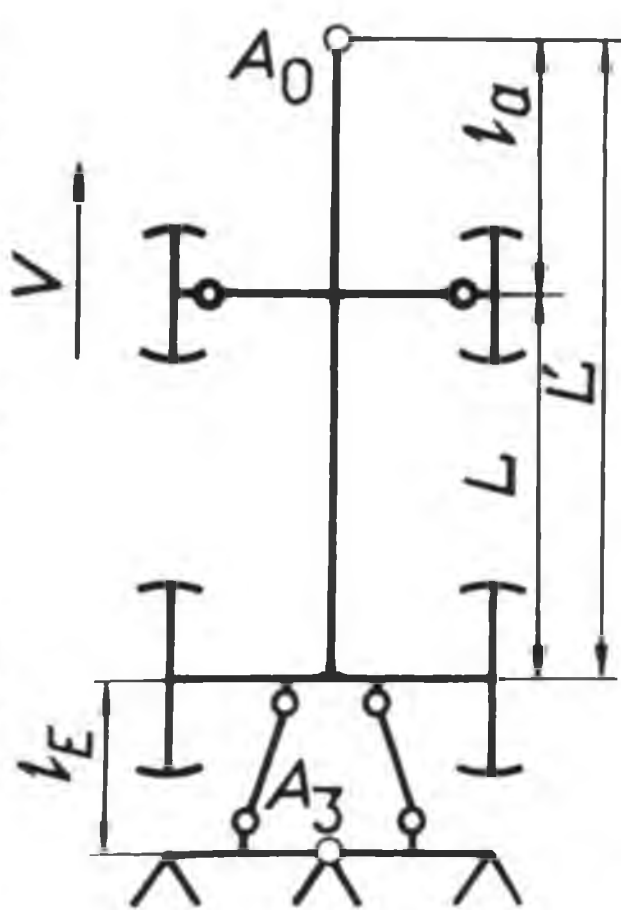
характеризуватися одним курсовим кутом, то в передавальні функції агрегатів, що належать цим групам, замість значення L необхідно підставляти величину $L + l_a = L$ - рис 2.7 [14].

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ



їїни

їїни

їїни

НУБ і України

Рис. 2.7. Компонувальна схема просапного агрегату з урахуванням вильоту точки візування [14]

В такому випадку передавальна функція просапного агрегату на базі трактора класичного компоновання з передніми керованими колесами (рис. 2.7) набуде вигляду (Пожидаєв, 1980) [14]:

У такому разі вираз (2.21) прийме вигляд [14]:

$$W_a^q(p) = \left[\left(\frac{l_E}{v} \right) \times p + 1 \right] / \left[\left(\frac{L}{v} \right) \times p + 1 \right], \quad (2.22)$$

Дослідження точності руху просапного агрегату з урахуванням обґрунтованої раніше вимоги до точності руху (2.20) і передавальної функції (2.22) наведено нижче.

НУБ і України

2.1.2.2. Дослідження точності руху просапних агрегатів методами

кінематики

Дослідження проводилося з використанням частотної характеристики

агрегату, отриманої шляхом цифрового моделювання.

Проведені на рівні кінематики теоретичні дослідження точності руху для названих вище трьох груп просапних агрегатів показали наступне [14].

Агрегати створені на базі тракторів класичної компоновальної схеми

(рис. 2.8) забезпечують якісну роботу тільки при викривленні рядків, які

характеризуються хвильовими числами до 0,57 рад/м (при $L > 2$ м, і $t = 1,0$). Це

стосується тракторів типу МТЗ, ПМЗ, ХТЗ-161 (за умови, що візування також буде здійснюватися по передньому колесу), а також інших аналогічної

конструктивно-компоновальної схеми з таким же вильотом точки візування

відносно заднього моста трактора. Збільшення вильоту точки візування

призводить до зниження значення верхньої межі хвильових чисел гармонійних викривлень рядків, які задовільно копіюються агрегатом.

Потрібно також відзначити, що ці показники отримані за найбільш

сприятливих умов: амплітуда допустимої помилки копіювання рядка рослин

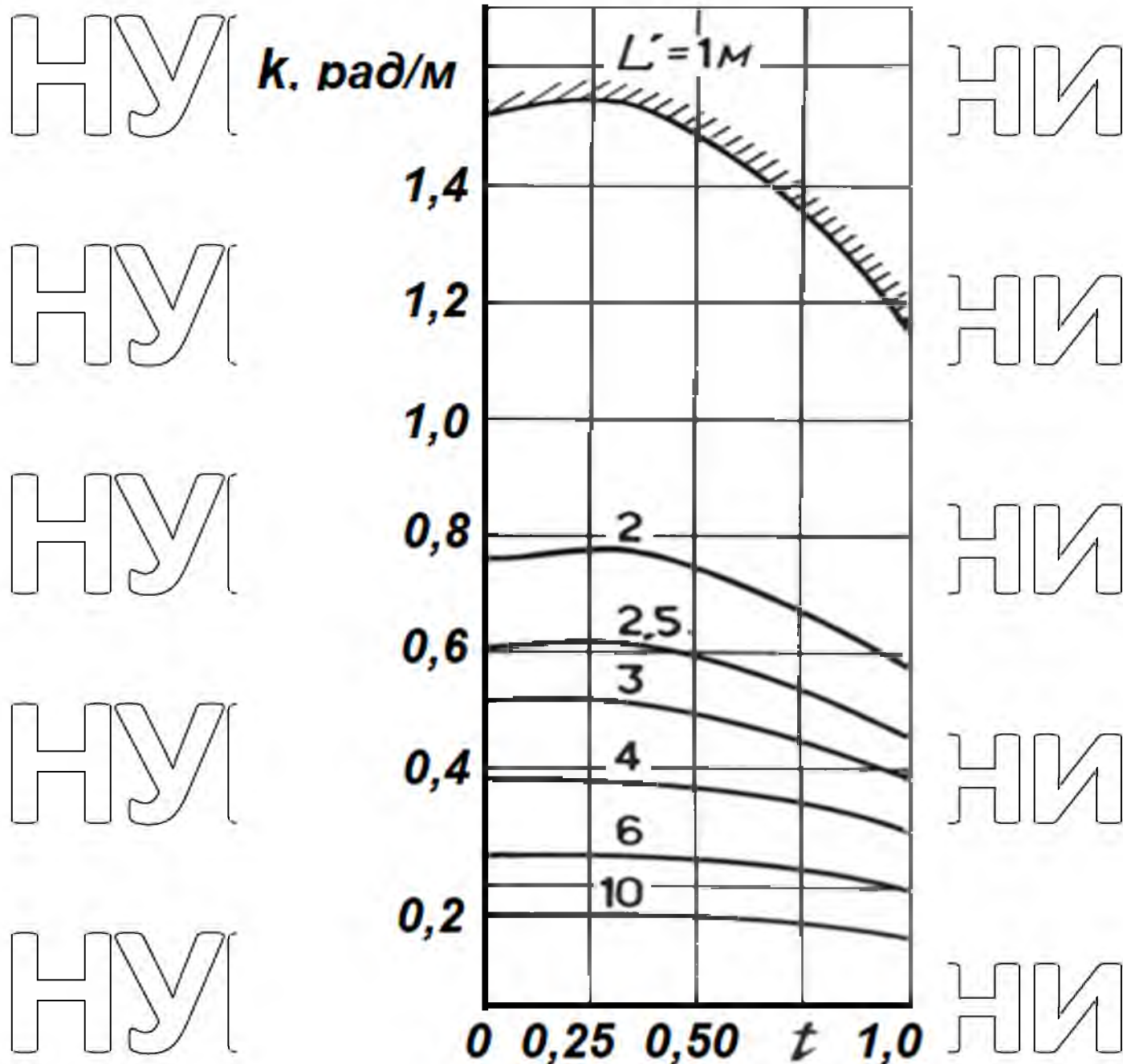


Рис. 2.7. Характеристика точності руху вздовж рядків рослин [14]

А_{доп} прийнята рівною 0,03 м, хоча, згідно з агропотребами, її значення визначається інтервалом 0,02 ... 0,03 м; амплітуда вхідного сигналу *a* приймалася нами рівною 0,05 м (за допустимою амплітудою відхилення стикового міжряддя), хоча, судячи з роботи (Дворнов, 1959), вона може мати на практиці значення від 0,05 до 0,20 м. Аналізуючи вираз (2.20) можемо

визначити, що зменшення $A_{доп}$ або ж збільшення a сприяє зниженню верхньої межі хвильових чисел гармонійних складових викривлень рядків рослин, які задовільно копіюються тим чи іншим агрегатом.

Таким чином, в результаті дослідження кінематики руху просапних агрегатів на базі тракторів різних компоувальних схем встановлено, що трактори, які випускаються серійно не здатні в повній мірі задовольнити існуючі вимоги до точності їх руху вздовж рядків рослин, однак цей висновок зроблений на рівні кінематики і може бути відкинутий в результаті досліджень динаміки руху просапного агрегату.

2.2. Динамічний аналіз точності руху машинно-тракторного агрегату в залежності від характеристик оглядовості

Для виконання досліджень точності руху скористаємося роботою (Пожидаев, 1984), де розроблене універсальне рівняння для опису руху просапного агрегату на базі тракторів різних конструктивно-компоувальних схем та конструкцій. Таке універсальне рівняння складено для трактора з шарнірною рамою таким чином, що при висуванні вимог до конструкції (довжини) того чи іншого елемента, його вагових характеристик тощо можна варіювати компоуванням агрегату і досліджувати різні компоувальні схеми агрегатів. Назване рівняння має вигляд:

$$W_{30}(p) = \frac{[D_{11}(p) - l_E \cdot D_{21}(p)]}{[D_{11}(p) + l_2 \cdot D_{21}(p) + l_1 \cdot D_{21}(p) + l_a \cdot D_{21}(p) + l_1 \cdot D(p) + l_a \cdot D(p)]} \quad (2.23)$$

де $D(p)$, $D_{ik}(p)$ - відповідно головний і допоміжні визначники диференційного рівняння, вони визначаються в такий спосіб:

$$D(p) = \begin{vmatrix} a_{11}(p) & a_{12}(p) \\ a_{21}(p) & a_{22}(p) \end{vmatrix}; \quad D_{11}(p) = \begin{vmatrix} b_{11}(p) & a_{12}(p) \\ b_{21}(p) & a_{22}(p) \end{vmatrix}; \quad D_{12}(p) = \begin{vmatrix} 0 & a_{12}(p) \\ 1 & a_{22}(p) \end{vmatrix}; \quad (2.24)$$

$$D_{21}(p) = \begin{vmatrix} a_{11}(p) & b_{11}(p) \\ a_{21}(p) & b_{21}(p) \end{vmatrix}; \quad D_{22}(p) = \begin{vmatrix} a_{11}(p) & 0 \\ a_{21}(p) & 1 \end{vmatrix}.$$

Детальний виклад шляху отримання передавальної функції (2.23) наведено в дод. А.

Оскільки вираз (2.23) являє собою фактичну передавальну функцію агрегату, яка входить в отриману раніше вимогу до точності руху просапного агрегату (2.20), то вона (вимога) може бути переписана у вигляді:

$$\frac{[D_{11}(p) - l_E \cdot D_{21}(p)] \cdot e^{-\tau p}}{[D_{11}(p) + l_2 \cdot D_{21}(p) + l_1 \cdot D_{21}(p) + l_a \cdot D_{21}(p) + l_1 \cdot D(p) + l_a \cdot D(p)]} - A_{\text{доп}} / a \leq 0. \quad (2.25)$$

Отриманий вираз (2.25) є вимогою до точності руху просапного агрегату, створеного на базі трактора з шарнірною рамою, з урахуванням динамічних факторів, що діють на агрегат в процесі його руху на гоні.

Обчислення головного $D(p)$ і допоміжних $D_{11}(p)$ і $D_{21}(p)$ визначників, що входять в передавальну функцію (2.23) і вираз (2.25) проводилося за допомогою співвідношень (2.24) і наступних підстановок (Пожилаєв, 1984):

$$\left. \begin{aligned} a_{11}(p) &= M \cdot V^2 \cdot p^2 + K \cdot p; & a_{12}(p) &= B \cdot V^2 \cdot p^2 + L \cdot p - K; \\ a_{21}(p) &= E \cdot V^2 \cdot p^2 + L \cdot p; \\ a_{22}(p) &= L \cdot V^2 \cdot p^2 + \left[\Phi + D_1 + D_2 + \left(\frac{D}{\varepsilon'} - B \right) \cdot V^2 \right] \cdot p - \Theta; \\ b_{11}(p) &= -\Gamma \cdot V^2 \cdot p^2 - X \cdot p + C; \\ b_{21}(p) &= -E \cdot V^2 \cdot p^2 - [\text{Ю} \mp D_1 - \Gamma \cdot V^2] \cdot p + \text{Я}. \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

а також

$$\begin{aligned}
 &K_1 + K_2 + K_3 = K; \quad K_1 \cdot L - K_3 \cdot l_E = L; \\
 &K_1 \cdot l_1 = X; \quad K_1 + R_{П1} = C; \\
 &K_1 \cdot L^2 + K_3 \cdot l_E^2 = \Phi; \quad L(R_{П1} + K_1) + l_E(R_{П3} + K_3) = \Xi; \\
 &K_1 \cdot L \cdot l_1 = \Theta; \quad L(R_{Л1} + K_1) = \Upsilon; \\
 &M_1 + M_2 + M_3 = M; \quad I_1 + I_2 + I_3 + M_1 \cdot m_1^2 + M_2 \cdot m_2^2 + M_3 \cdot m_3^2 = D \\
 &M_1 \cdot m_1 + M_2 \cdot m_2 + M_3 \cdot m_3 = B; \quad M_1 \cdot m_1' = \Gamma; \\
 &I_1 + M_1 \cdot m_1 \cdot m_1' = E
 \end{aligned}
 \tag{2.27}$$

Оскільки оператор $p = jk$, то реалізований на ПК типу IBM алгоритм моделювання характеристик точності руху просапних агрегатів (див. дод. Г) полягав в обчисленні значень дійсних Re і уявних Im частин рівнянь (2.24), (2.26) і (2.23), передавальної функції ланки частого запізнювання $e^{-\tau p}$, модуля передавальної функції за помилкою $W_E(p)$, відношення $A_{доп}/a$. Значення параметрів для моделювання вихідних даних приймалися згідно роботі (Пожидаев, 1984) і приведені в табл. 2.1.

2.2.1. Результати динамічного моделювання точності руху машинно-тракторного агрегату

Потім, обчислювалися значення хвильового числа k , в функції величини t , що задовольняють вимогу до точності руху. Розрахунки проводилися для швидкостей руху агрегату 1,52, 1,95 і 2,38 м/с. Верхня межа інтервалу швидкостей, які досліджувалися обумовлений виходячи з досвіду роботи зі швидкісними тракторами і сільськогосподарськими машинами, який показує, що водій не в змозі тривалий час забезпечувати необхідну якість виконуваної операції вже на швидкостях 8 ... 9 км/год, а для міжрядного обробітку ця межа знаходиться на рівні 6 ... 8 км/год (Евстратов, Тамиров, 1962).

Для побудови характеристик точності руху просапного агрегату, що складається з колісного трактора тягового класу 3 передніми керованими колесами (трактор ХТЗ-120, ХТЗ-16131 або трактор згідно з авт. свід.

Таблиця 2.1

Значення вихідних даних для моделювання характеристик точності руху
просапних агрегатів

Показник	Позначення	Значення
Маса, кг	M_1	5300
	M_2	2800
	M_3	1370
Координати центру мас, м	m_1	2,57
	m_2	0,09
	m_3	1,99
Момент інерції, кг·м ²	I_1	1,19
	I_2	6285
	I_3	1985
Сили тяги ведучих мостів, Н	$R_{П1}$	9040
	$R_{П2}$	11860
	$R_{П3}$	8140
Тяговий опір робочої машини, Н	D_1	20000
	D_2	191000
	D_3	129700
Коефіцієнт, Н/м ²	ε'	3,53
	K_1	1,00
	K_2	81400
Коефіцієнт, Н/рад	K_3	74200
	$A_{\text{доп}}$	50400
	a	0,03
Амплітуда допустимої похибки копіювання рядка рослин, м		
Амплітуда вхідного сигналу, м	a	0,05

№1532408) і культиватора КРН-8,4, в раніше складений алгоритм моделювання характеристик точності руху було введено: $l_1 = 0$ м, $l_2 = 2,86$ м,

$l_a = 0$ м, допоміжні величини $\Gamma = 0$ і $E = 0$, а величина D_1 приймалася рівною

нулю тільки при обчисленні уявної частини комплексного числа b_{21} (тільки для Т-150К з передніми керованими колесами і ХТЗ-120, ХТЗ-16131).

Отримані при цьому характеристики точності руху (для всіх трьох

агрегатів), мало відрізняються між собою і представлені на рис. 2.8. Вони також дуже мало залежать від швидкості, внаслідок чого її можна не враховувати.

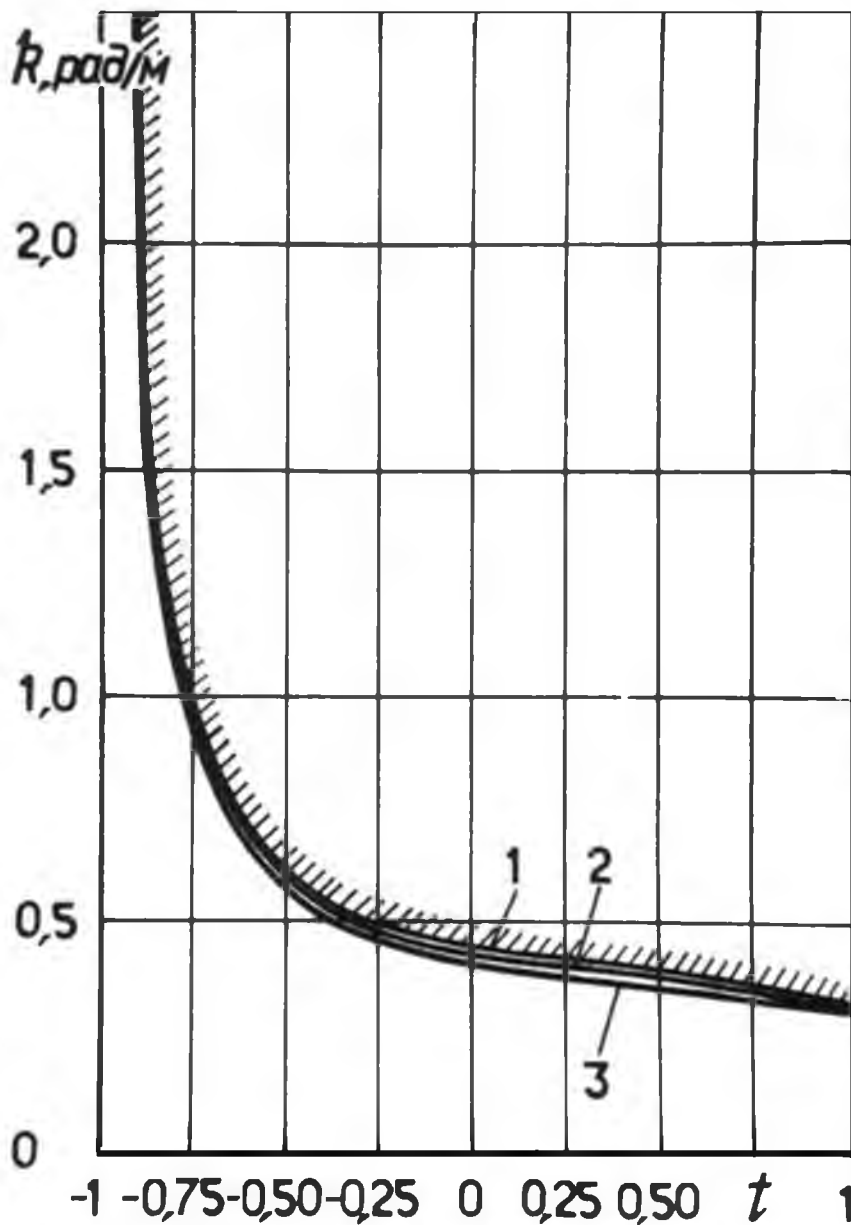


Рис. 2.8. Характеристика точності руху вздовж рядків рослин

просапного агрегату на базі трактора Т-150К, з передніми керованими колесами (а також на базі тракторів типу ХТЗ-120, ХТЗ-16131 і за а.с. №1532408):

1, 2 і 3 - для швидкостей руху відповідно 2,38, 1,95 і 1,52 м/с

З рис. 2.8 випливає, що точність руху просапного агрегату з трактором типу Т-150К, але з передніми керованими колесами, підвищується при зменшенні відносного вильоту робочого органу від 1 до мінус 1. Так, при відносному вильоті, що дорівнює 1, агрегат задовільно працює в зоні хвильових чисел гармонійних складових викривлень рядків рослин, що обробляються від 0 до 0,33 рад/м; при вильоті, що дорівнює мінус одиниця - від 0 до ∞ . Тобто при відносному вильоті мінус 1, що відповідає розміщенню робочих органів на осі переднього моста, якість обробки гарантується при будь-яких значеннях k (див. п. 2.3). При вильоті, рівному 0,916, що відповідає трактору типу Т-150К, ДХЧ викривлень не перевищує 0,35 рад/м, а це не задовольняє вимогу до точності руху просапного агрегату, обґрунтовану і прийняту нами раніше.

Таким чином, теоретичне дослідження точності руху просапних агрегатів з тракторами різних компоновальних схем і масогабаритними параметрами, характерними параметрам трактора тягового класу з проведене методами динаміки, показало наступне. Агрегати з тракторами класичної компоноки і агрегати з тракторами за авт. свид. СРСР № 1532408. Вони не можуть забезпечити якісне копіювання рядків рослин, які характеризуються хвильовими числами вище 0,37 рад/м навіть за найсприятливіших, з точки зору агровимог, умов (при мінімальному розмірі вхідного сигналу, в якості якого прийнято допустиме відхилення стикових міжрядь від заданої ширини і при максимально допустимому розмірі похибки копіювання).

Однак аналіз взаємного розташування (в поздовжньо вертикальній площині) основних вузлів і агрегатів трактора Т-150К показує, що виліт точки визивання для нього не може бути менше 2,5 ... 8 м. Це обумовлюється вимогами ергономіки, згідно яких «... при вертикальному положенні голови ось спокійного взгляда направлена вниз от горизонтали под углом около 15°.

Граница оптимальной зоны видимости простирается от горизонтали вниз до угла примерно 30°» (Аруин, Зацюрский, 1988; Инженерная ..., 1971).

У такому випадку для трактора тягового класу 3 (ХТЗ-170, ХТЗ-161, Т-150К тощо), де розташування очей оператора знаходиться на висоті h , що перевищує 2 м від рівня опорної поверхні, точка візування може перебувати на відстані l_a від переднього моста, що дорівнює 2,5 ... 8 м. Насправді ж виліт точки візування становить 3,5 ... 4 м.

З огляду на отримані значення вильоту точки візування, і те, що в дійсності амплітуда вхідного сигналу (амплітуда гармонійних складових викривлень рядка рослин, що копіюється) значно перевищує прийняте нами для моделювання значення, можна стверджувати, що жоден з розглянутих нами агрегатів, складених на базі трактора тягового класу 3 міжбазовим розташуванням поста керування, не може забезпечити задану точність копіювання рядків рослин в необхідній зоні хвильових чисел гармонійних складових їх викривлень.

Підвищити точність руху розглянутих агрегатів також можна шляхом зменшення значення відносного вильоту робочих органів культиватора, що за деякими міркувань важко або навіть неможливо. У зв'язку з цим доцільно перевірити можливість підвищення точності руху агрегату шляхом зміни його структури, а саме, перекомпонуванням МЕЗ, що може бути реалізовано розташуванням поста керування в зоні заднього ведучого моста, що підтверджує результати досліджень оглядовості робочих зон МЕЗ під час роботи на реверсі з напіпним збиральним комбайном.

2.3. Пошукові варіанти покращення оглядовості з поста керування мобільного енергетичного засобу тягового класу 3

Як було показано вище, покращення показників оглядовості може бути досягнута шляхом переміщення поста керування (кабіни) енергетичного засобу в зону візуального контролю. Нижче приведено аналіз конструкцій пристроїв, які дозволяють переміщувати кабінку.

2.3.1 Аналіз конструкцій існуючих пристроїв для переміщення кабіни мобільних енергетичних засобів

За принципом дії пристрої, які забезпечують переміщення кабіни можна розділити на дві класифікаційні групи:

I - пристрої, які забезпечують плоско-паралельне переміщення вздовж бази енергозасобу, або в іншому напрямку;

II - пристрої, які забезпечують переміщення за рахунок обертання кабіни навколо нерухомої осі.

До пристроїв першої класифікаційної групи можна віднести пристрій описаний в роботі [5] (рис. 2.9). Кабіна енергозасобу ВІМА 300 переміщується на роликах вздовж направляючих. Основним недоліком даного пристрою є те, що він призначений для мобільних енергетичних засобів з практично рівнозначними передніми і задніми начіпними пристроями і системами відбору потужності та можливістю переміщення кабіни в одній площині з тих причин, що таке технічне рішення не потребує застосування реверсивного поста керування.

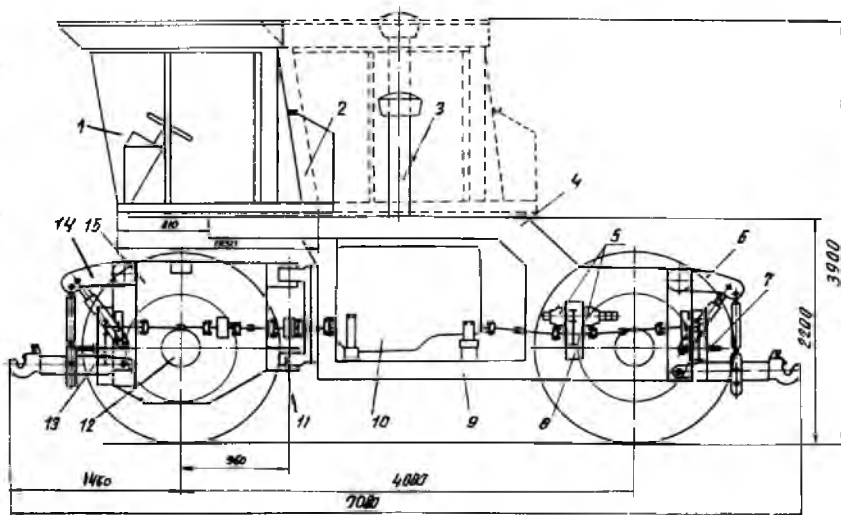


Рис. 2.9. Компонувальна схема енергозасобу типу Віма 300:

1 - кабіна; 2 - паливний бак; 3 - труба повітроочисника; 4 - задня піврама; 5 - гідронасос трансмісії; 6, 14 - задній і передній начіпні пристрої; 7, 13 - задній і передній ВВП; 8 - роздавальна коробка; 9 - нижня балка задньої осі

піврами; 10 – децан; 11 – шарнір; 12 – гідромотор трансмісії; 13 – передня піврама.

Коли ж згадана вище рівнозначність навісних пристроїв та систем відбору потужності не забезпечена у енергозасоба, то виникає необхідність використання ще і реверсивного поста керування для роботи на реверсі, що істотно підвищує складність та вартість машини.

Вказаного вище недоліку не мають машини з кабіною що обертається, які віднесені до другої класифікаційної групи (самохідне шасі СШ-75 (рис. 2.10) та енергозасіб типу CLAAS-2500 XERION (рис.2.11)). Послідовність повороту кабіни можна прослідкувати на прикладі самохідного шасі СШ-75 (рис. 2.12).

Поворот кабіни разом з силовим агрегатом тракторного самохідного шасі типу шасі СШ-75 здійснювався з метою збільшення місця під технологічне обладнання і покращення умов передачі керуючих дій з кабіни до силового агрегату. В якості такого технологічного обладнання був, зокрема, зернозбиральний

комбайн типу НК-4. Власне зернозбиральний комбайн це складна сільськогосподарська машина, робочі органи якої потребують значного візуального контролю.

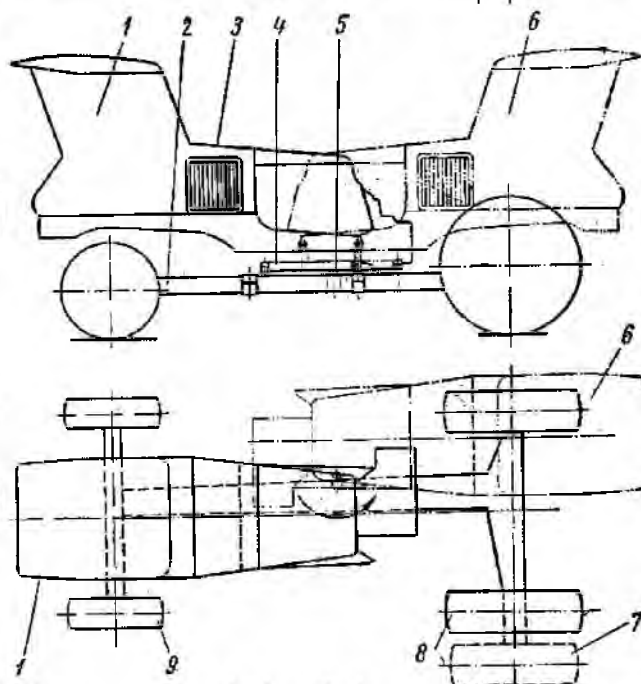


Рис. 2.10. Схема повороту силового агрегату шасі СШ-75: 1 – положення кабіни при симетричній схемі; 2 – візок; 3 – силовий агрегат; 4 – поворотна рамка; 5 – вісь повороту силового агрегату; 6 – положення

кабіни при Г-подібній схемі; 7 – положення великого колеса при Г-подібній схемі; 8 – положення цього колеса при симетричній схемі; 9 – керовані колеса.

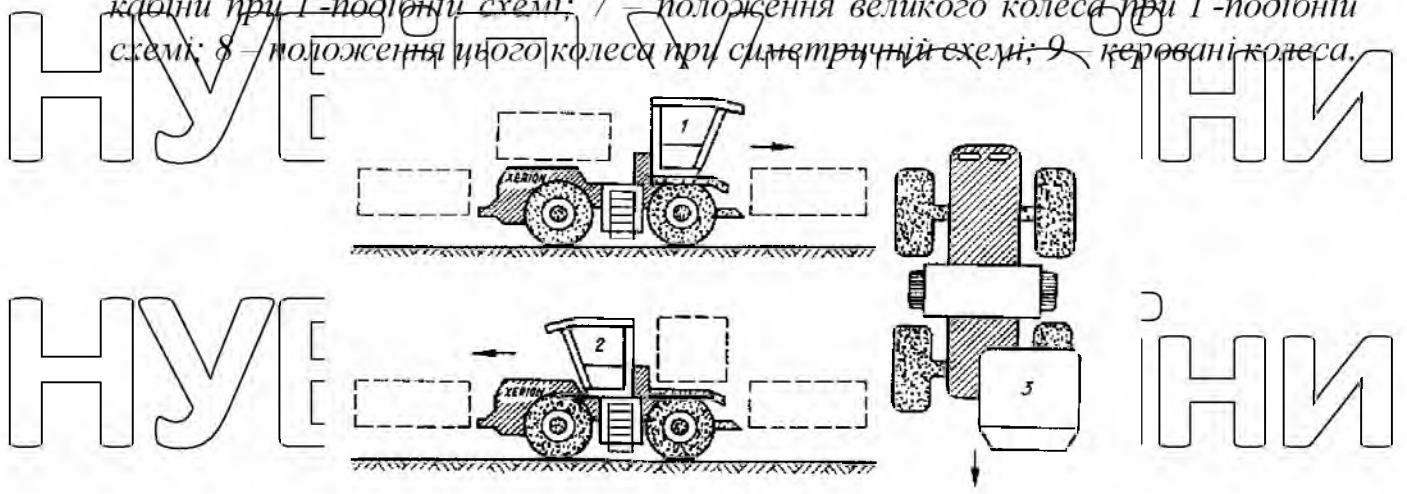


Рис. 2.11. Схема розміщення модульної кабіни мобільного енергетичного засобу типу CLAAS-2500 XERION.

1 – переднє; 2 – по середині; 3 – бічне

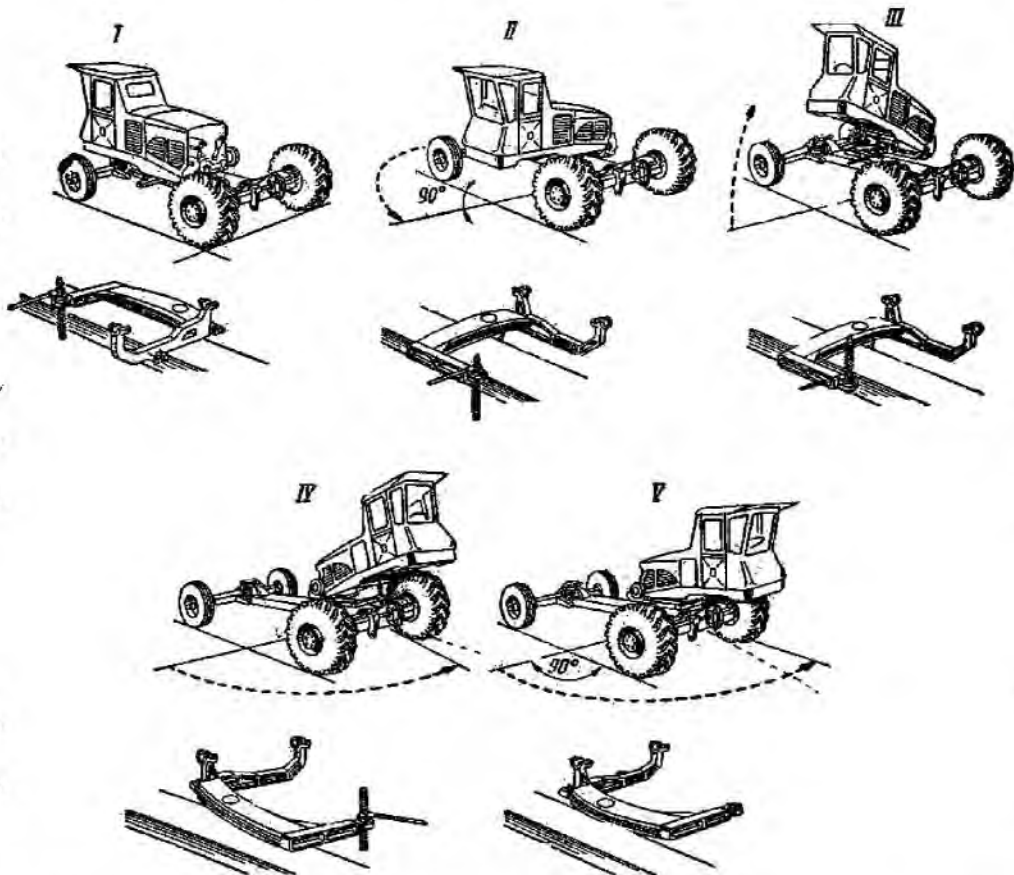
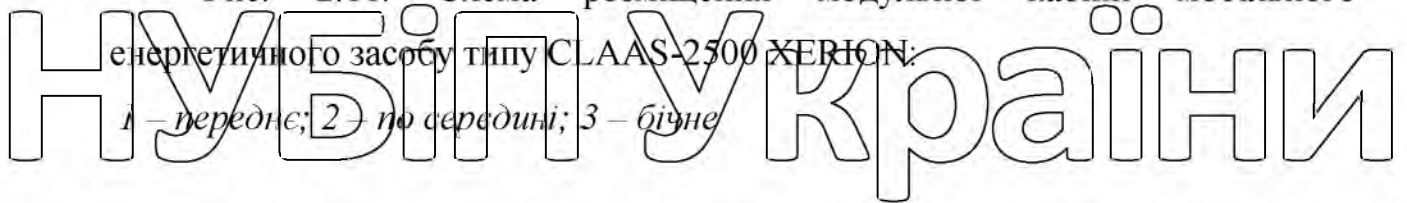
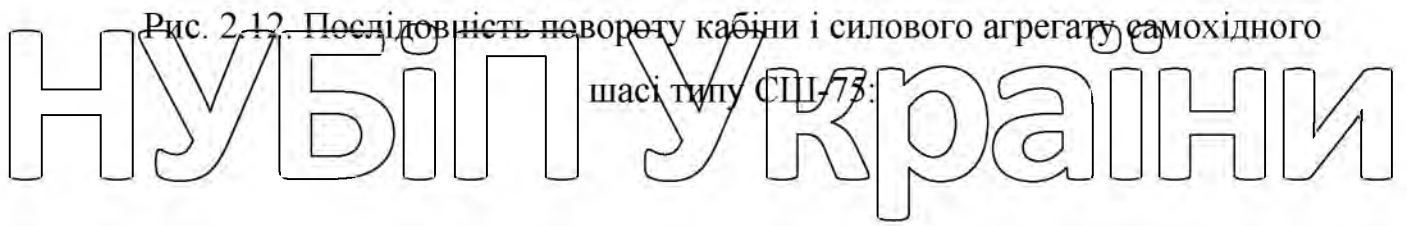


Рис. 2.12. Послідовність повороту кабіни і силового агрегату самохідного шасі типу СШ-75.



I – положення до повороту (агрегат піднятий гвинтом на 20-30 мм); II – поворот на 90°; III – підйом агрегату; IV – продовження повороту і початок опускання агрегату; V – положення після повороту і опускання агрегату.

З розвитком конструкцій вузлів агрегатів мобільних енергетичних засобів та елементів керування ними потреба в повороті кабіни в комбінації разом з силовим агрегатом відпала, що і реалізовано в конструкції сучасних мобільних машин типу CLAAS XERION (рис. 2.13).



Рис. 2.13. Процес переставлення кабіни енергозасобу типу CLAAS XERION 3800VC

Кабіна піднімається гідравлічним підіймачем, а керування системами мобільного енергетичного засобу здійснюється з допомогою, переважно, електричних пристроїв, а в окремих випадках і гнучкою тросовою передачею.

Пристрій для переставлення кабіни енергозасобу типу CLAAS XERION достатньо надійний і сам процес переставлення може виконувати оператор мобільного енергетичного засобу не покидаючи свого робочого місця. Це говорить про мінімізацію витрат часу на здійснення такої, в свій час, складної операції.

НУБІП України

2.3.2. Обґрунтування конструкції пристрою для переміщення кабіни

З метою здешевлення конструкції пристрою для переміщення кабіни трактора ХТЗ-16131, який у стандартній комплектації обладнується реверсивним постом керування доцільно застосовувати поворотний пристрій по типу пристрою самохідного шасі СШ-75 або трактора-шасі CLAAS-2500 XERION, що дозволить уникнути установки реверсивного поста керування.

Крім того, на даний час на тракторах виробництва ВАТ «ХТЗ» починають встановлювати коробки передач, гідророзподільники з електричним керуванням, механізми керування двигуном, трансмісією і іншими агрегатами з гнучкими тросовими передачами (трактори ХТЗ-18040, ХТЗ-21040), що істотно спрощує передачу керуючих дій оператора з кабіни при її повороті. Тому основною задачею розробки конструкції являється якраз забезпечення ефективного механізму повороту, який забезпечував би достатньою жорсткістю з'єднання з осовом при забезпеченні роботоздатності.

Аналіз габаритних розмірів трактора ХТЗ-16131 загалом і його кабіни зокрема [7, 8] дозволив встановити, що поворот останньої з наступною установкою в потрібній зоні, визначеній у п. 2.2.1, можливий навколо осі, яка розміщується на відстані близько 630 мм від осі заднього моста (рис. 2.14). При цьому можливий варіант збільшення габариту трактора за висотою до розміру 3535 мм, що не виходить за межі дозволених правилами дорожнього руху. Крім того, поворот можливий лише за умови попереднього кутового підйому кабіни з метою уникнення контакту в процесі повороту з агрегатами двигуна. Процес повороту проілюстрований на рис. 2.15 - 2.17.

Коефіцієнт оглядовості для згаданого трактора не перевищує 0,5, в той час як для збиральних машин характерний показник на рівні $K = 0,86-0,89$ [10]. За таких умов поворот кабіни трактора ХТЗ-16131 не забезпечить бажаних

показників оглядовості під час роботи на реверсі зі збиральними машинами.
Це пояснюється наявністю значних нагромаджень в зоні передньої пашети.

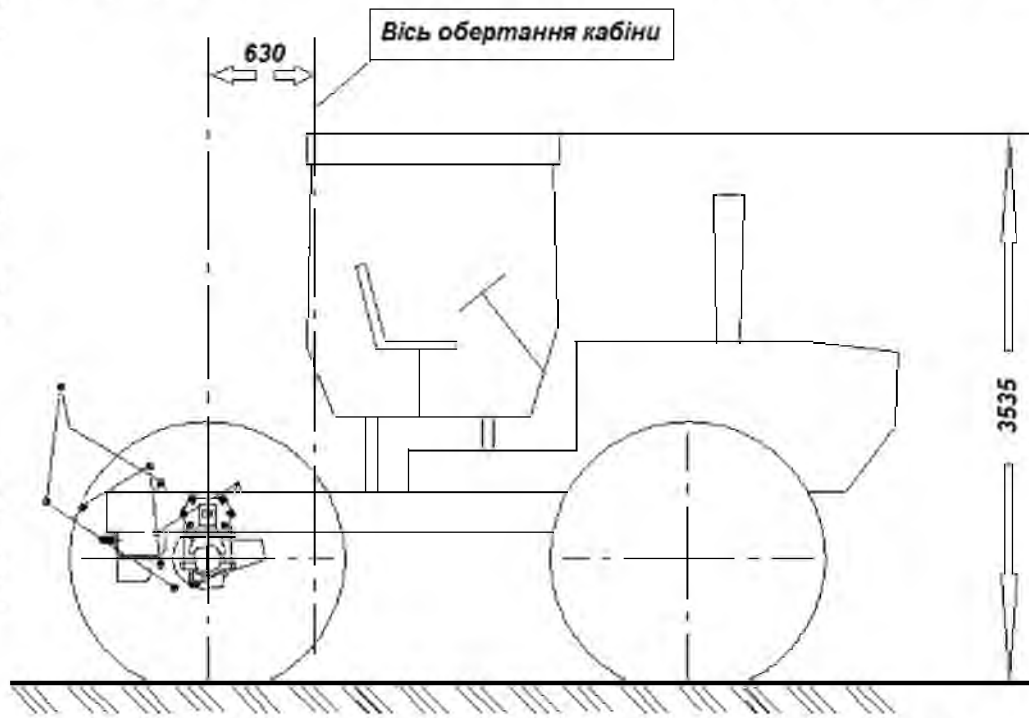


Рис. 2.14. Габарит по висоті трактора ХТЗ-16131 з поворотною кабіною та координата осі повороту кабіни

Рис. 2.15. Попередній кутовий підйом кабіни для забезпечення необхідних розмірів зони повороту

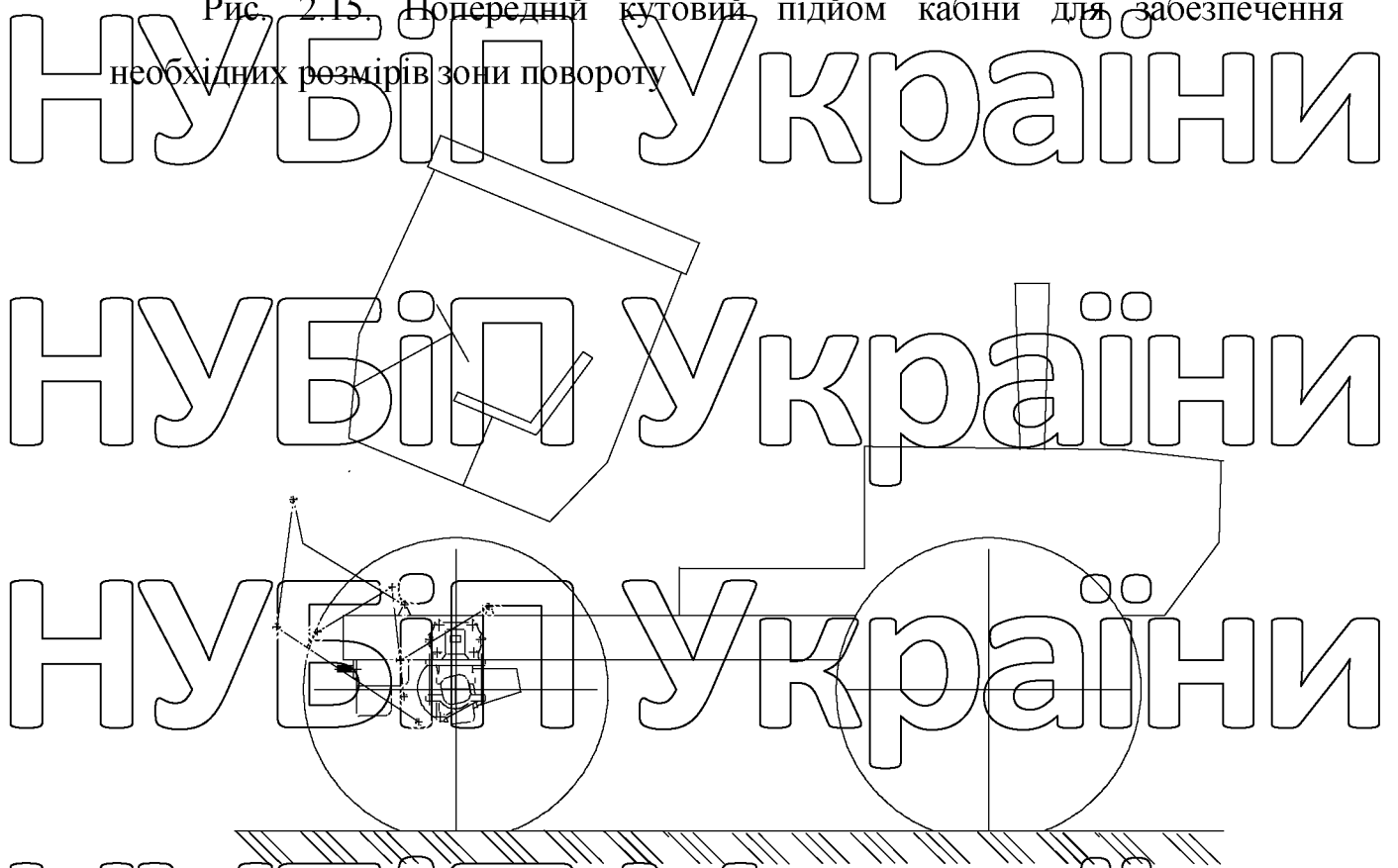


Рис. 2.16. Кабіна повернута на 180° з використанням попереднього кутового підйому

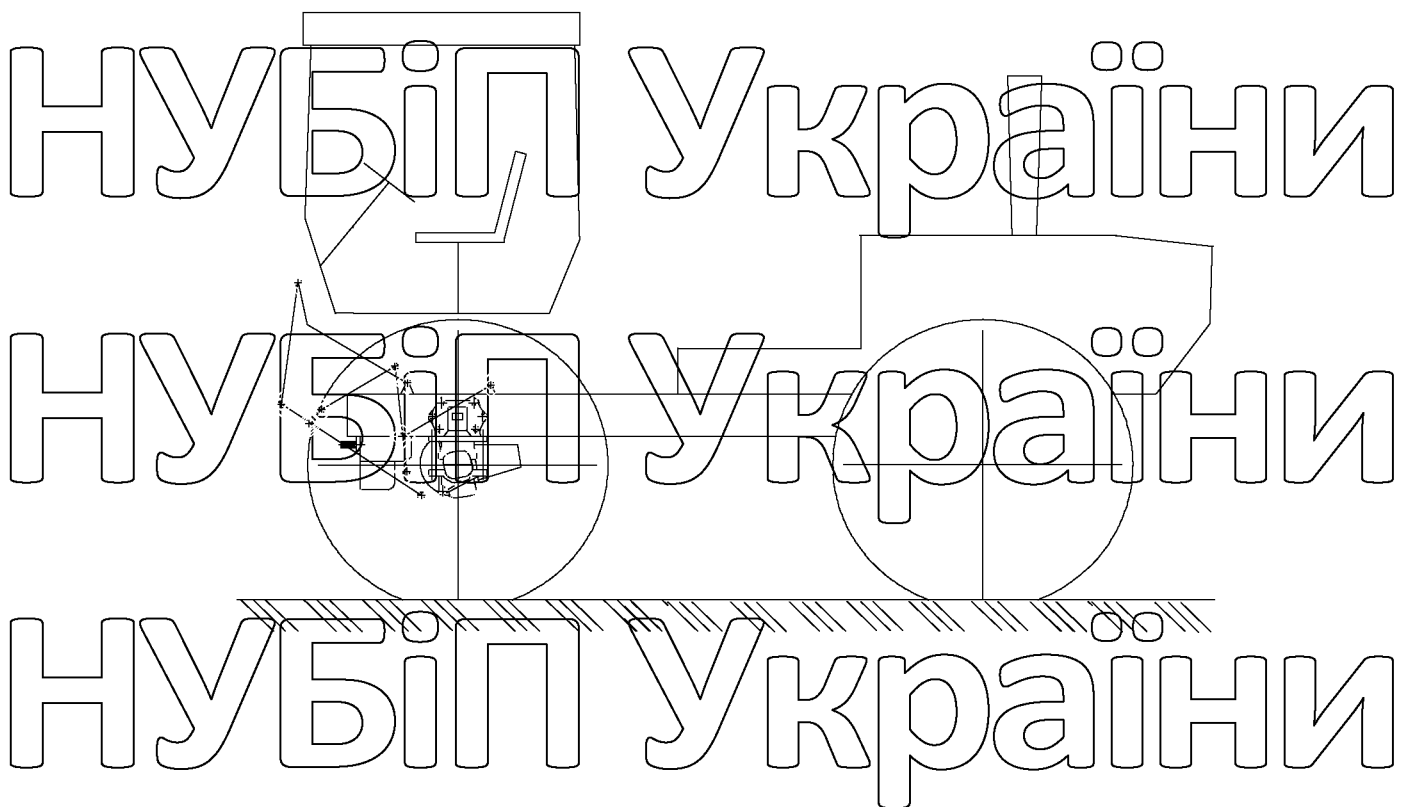


Рис. 2.17. Кабіна установлена для роботи на реверсі з кермовим комбайном типу «Полісся – 3000» кабіни (органи керування, щиток приладів, перегородки тощо). Уникнути

названих недоліків можна за рахунок докорінної перекомпоновки передньої панелі кабіни, що здійснити досить складно за різних причин. Виходом з даної ситуації може бути застосування на тракторі кабіни призначеної для установки на самохідні збиральні машини типу Дон-1500, Дон-680, КЗС-9.1 «Славутич» тощо.

Виходячи з викладеного вище було прийнято рішення проаналізувати можливість установки на трактор ХТЗ-16131 кабіни комбайна типу «Дон».

Попередній кінематичний аналіз повороту кабіни на тракторі показав, що вона задовільно вписується у відведений простір повороту навіть без попереднього кутового підйому, що істотно спрощує конструкцію пристрою для її повертання і забезпечує задовільні показники оглядовості. Принципова схема

трактора типу ХТЗ-16131 обладнаного кабіною комбайна типу «Дон» представлена на рис. 2.18. Недоліком даної кабіни є відсутність каркаса безпеки, який може без істотних затрат бути встановлений заводом-виготовлювачем. В якості ж дослідного зразка доцільно якраз розглядати

можливість розвертання саме такої кабіни.

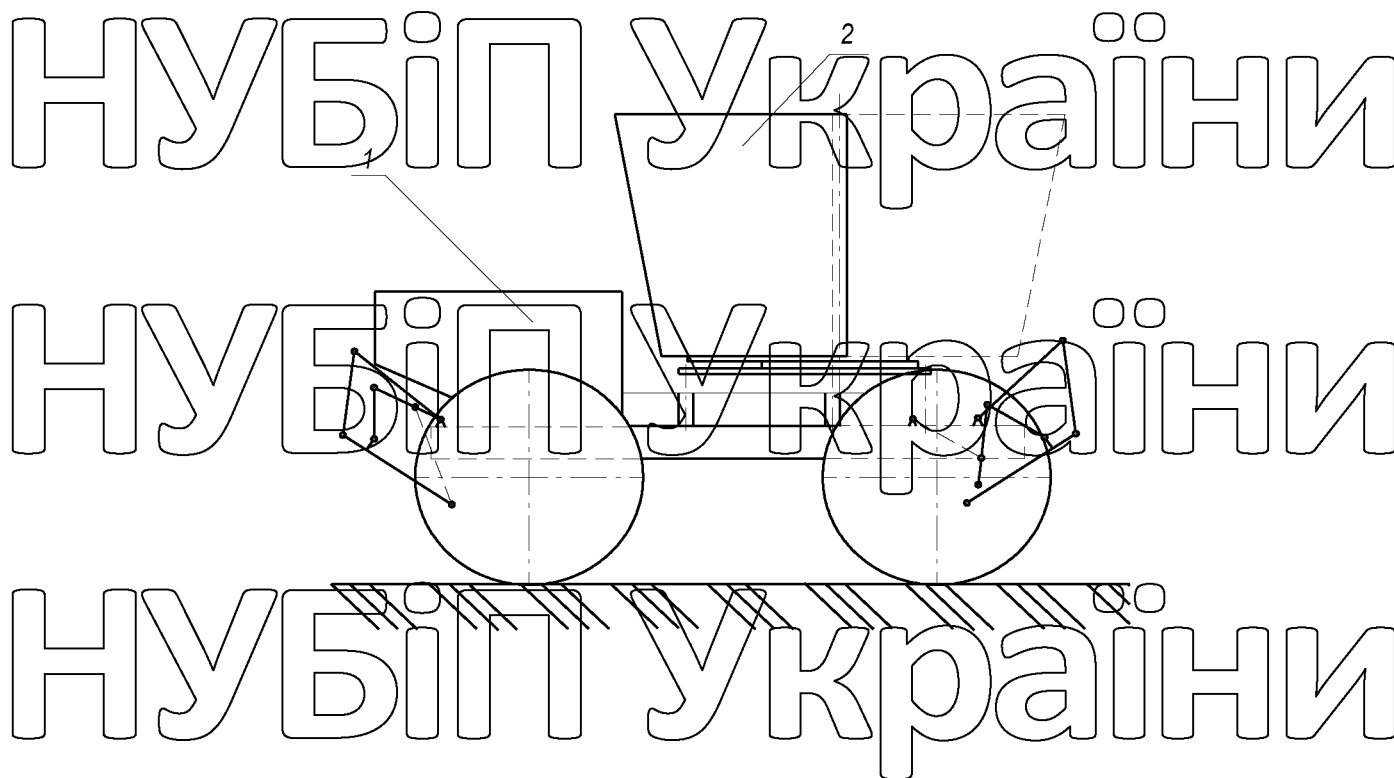


Рис. 2.18. Принципова схема трактора ХТЗ-16131 обладнаного кабіною комбайна типу «Дон»:

1 – трактор; 2 – кабіна

2.4. Висновки з розділу

1. Побудована передавальна агрегату за помилкою копіювання і сформульована вимога до точності руху агрегату відносно рядків рослин, сутність якої полягає в тому, що різниця модуля передавальної функції просапного агрегату за помилкою копіювання і відносного значення

допустимої амплітуди помилки копіювання рядка не повинна мати негативних значень.

2. Аналіз взаємного розташування (в поздовжньо-вертикальній площині) основних вузлів і агрегатів колісного трактора класу 3 показує, що виліт точки візування для нього не може бути менше 2,5 ... 8 м.

3. Для трактора тягового класу 3 (ХТЗ-170, ХТЗ-161, Т-150К тощо), де розташування очей оператора знаходиться на висоті h , що перевищує 2 м від рівня опорної поверхні, точка візування може перебувати на відстані l_a від переднього моста, що дорівнює 2,5 ... 8 м. Насправді ж виліт точки візування становить 3,5 ... 4 м.

4. Точність руху просапного агрегату з трактором типу Т-150К, але з передніми керованими колесами, підвищується при зменшенні відносного вильоту робочого органу від 1 до мінус 1. Так, при відносному вильоті, що дорівнює 1, агрегат задовільно працює в зоні хвильових чисел гармонійних складових викривлень рядків рослин, що обробляються від 0 до 0,33 рад/м; при вильоті, що дорівнює мінус одиниця - від 0 до ∞ .

НУБІП України

РОЗДІЛ 3, ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Практична реалізація запропонованих технічних рішень ускладнена і потребує використання виробничої бази заводу виготовлювача та значних затрат коштів. Однак, практична перевірка теоретичних побудов можлива без виготовлення складного обладнання під що запропонована оригінальна програма і методика експериментальних досліджень.

НУБІП України

3.1. Програма робіт та об'єкти досліджень

Для перевірки теоретичних побудов передбачено виконати наступні роботи:

- дослідження оглядовості з поста керування енергозасобу;
- дослідження впливу вильоту точки візування на точність руху просапного культиватора.

НУБІП України

3.2. Методика досліджень

Методика досліджень оглядовості з поста керування енергозасобу викладена в п. 1.3.3 і передбачає визначення коефіцієнта оглядовості за залежністю (1.1):

$$K = 1 - \frac{S_{НЗ}}{S_{Б}}$$

де K - коефіцієнт оглядовості;
 $S_{Б}$ - площа бажаної зони огляду оператора обмежена горизонтальною

площиною, яка проходить через точку відліку (очі оператора) і похилою площиною, в якій розміщується промінь нижньої межі оптимальної зони оглядовості [2], мм²;

Методика досліджень впливу вильоту точки візування на точність руху просапного культиватора передбачала кількісну характеристику процесу руху агрегату.

Для кількісної характеристики процесу руху агрегату застосовувався ряд показників: в амплітудній області - дисперсія управляючих впливів, дисперсія і амплітуда помилки копіювання; в часовій області - шлях кореляційної зв'язку бічних переміщень робочих органів; в частотній – їх спектральні щільності.

Точність руху просапного агрегату оцінювалася за значеннями зворотних до неї (точності) величин: амплітуди і середньої квадратичної помилки копіювання робочими органами агрегату базової лінії. В процесі полігонних випробувань в якості останньої використовувалася спеціально нанесена на ґрунт гармонічна крива, а в процесі натурних випробувань – рядок рослин кукурудзи, який обробляється. Крім того, застосовувалося і розкладання дисперсії помилки копіювання в ряд Фур'є за хвильовими числами.

Обґрунтування оптимальних значень величин, що характеризують умови функціонування просапного агрегату, проводилося за критерієм максимуму робочої швидкості (продуктивності агрегату за основний час), при якій можлива ширина односторонньої захисної зони рядка набуває мінімальних значень.

3.3. Об'єкти експериментальних досліджень

У процесі експериментальних досліджень оглядовості з поста керування енергозасобу об'єктами були мобільні енергетичні засоби (ХТЗ-17221, ХТЗ-17022, МТЗ-1522В, МР, Fendt-926 Vario, Valtra Valmet-8750, ПМЗ-8285) та

самохідні збиральні машини (ME-7246 (зернозбиральний комбайн), Holmer Terra Dos T3 (бурякозбиральний комбайн)) [11].

У процесі експериментальних досліджень впливу вильоту точки візування на точність руху просапного культиватора був просапний агрегат у складі начіпного просапного культиватор КРН-8,4 і обладнаного здвоєними колесами (з шинами 12/13,6R38) трактор типу Т-150К – рис. 3.1 [14].



Рис. 3.1. Пресальний агрегат з трактором Т-150К під час проведення полігонних (а) і натурних (б) випробувань [14]

Візування здійснювалось з допомогою спеціального пристрою 4, закріпленого з допомогою кріплення 3 на штанзі змінної довжини 2 – рис. 3.2

[14].

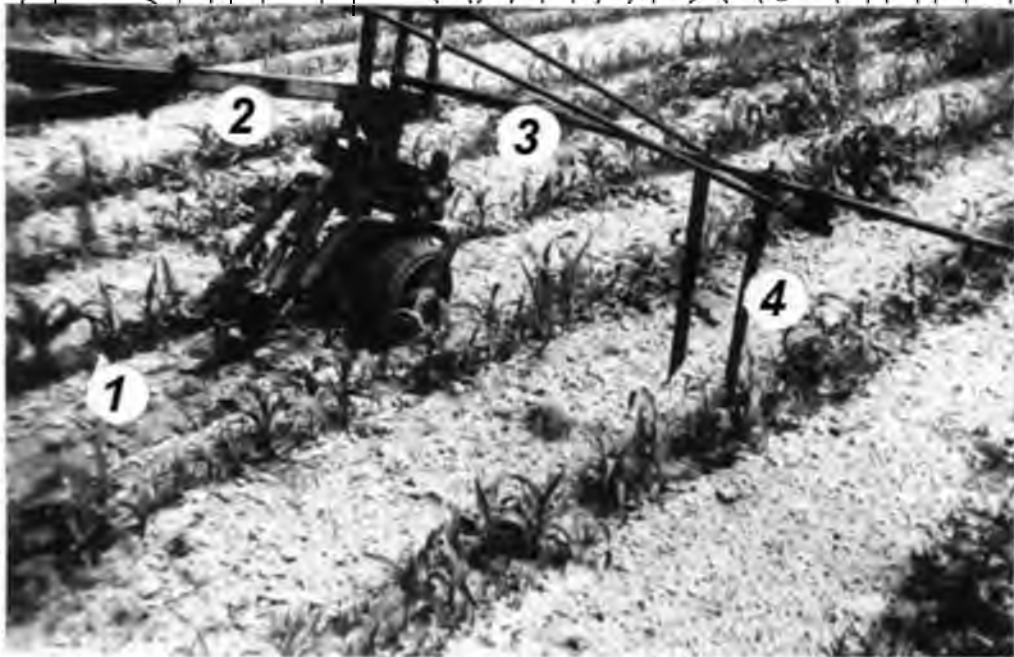


Рис. 3.2. Пристрій для здійснення візування [14]:

1 – рядок рослин; 2 – штанга змінної довжини; 3 – кріплення; 4 – пристрій для візування

3.4. Прилади, апаратура та обладнання для проведення досліджень

Під час проведення випробувань застосовувалося наступне обладнання, вимірювальна апаратура і матеріали.

- при проведенні досліджень оглядовості з поста керування енергосасобу використовували фотоапарат, міліметровий папір, лінійку і олівць;

при проведенні досліджень впливу вильоту точки візування на точність руху просапного культиватора використовували шляховимірвальне колесо, електроімпульсні контактні

перетворювачі обертів коліс, лічильники обертів ведучих і шляховимірвального коліс, відмітки тракторів переднього, і

заднього мостів трактора з гідрощіпдрами їх підйому, вимірвач-перетворювач палцівоміра ИП-179ПС з блоком управління і показчиком, секундомір, вимірвальні лінійки (по

ГОСТ 427-75), рулетка РЗ-50 (ГОСТ 7502-80), шнур довжиною 210 м з мітками через 0,5 м, мелена крейда, річковий пісок [14].

Живлення електричних вимірвальних схем здійснювалося від бортової мережі напругою 12В, що включала генератор (приводиться від двигуна

трактора) і акумуляторну батарею 6СТ-50. Підключення електричних схем здійснювалось через блок живлення, який мав 20 виводів [14].

3.5. Схема дослідів та визначення кількості їх повторностей

Схема дослідів виконання досліджень з встановлення впливу вильоту точки візування на точність руху просапного культиватора була складена відповідно до повного факторного плану 2^2 . Керованими чинниками були

«швидкість руху агрегату V » і «довжина хвилі гармонічної кривої T », яка копіювалася в процесі дослідів. Нижні і верхні значення рівнів керованих факторів приведені в табл. 3.1 [14].

Таблиця 3.1.

Нижні і верхні рівні керованих факторів повного факторного експерименту

Фактор	Рівні	
	нижній	верхній
2^2 [14]		

Швидкість руху V , м/с	$1,52 \pm 0,1$	$2,38 \pm 0,1$
Довжина хвилі гармонічної кривої T , м	$21 \pm 0,05$	$50 \pm 0,05$

При плануванні дослідів нами враховувався той факт, що при використанні факторних планів досліди можна проводити й в одній повторності (Любищев, 1986).

Але для досліджень, які проводились нами повторність дослідів була прийнята рівною чотирьом, послідовність їх проведення рандомізована за допомогою таблиці випадкових чисел [14].

Довжина залікової ділянки оцінювалася за відомою методикою розрахунку мінімальної довжини реалізації стаціонарного випадкового процесу, який досліджується (Лурье, 1970, с. 108).

Прийнявши, що нижнє значення k_H смуги хвильових чисел, що представляють зацікавлення, є $0,7 \dots 1,5$ рад/м, отримуємо [14]

$$S = 10 \cdot \tau_H = 20 \cdot \pi / k_H = 42 \dots 90 \text{ м} \quad (3.1)$$

де τ_H - період гармоніки з хвильовим числом k_H [14].

$$\tau_H = 2 \cdot \pi / k_H$$

Відповідно до цього мінімальна довжина залікової ділянки була прийнята рівною 50 м. Загальна ж довжина гармонічної кривої, яка копіювалась включаючи розгінні ділянки, досягала 250 м [14].

Визначення кількості повторностей дослідів і кількості вимірювань в кожній повторності при проведенні всіх серій дослідів виконувалось за допомогою співвідношення (Беликов и др., 1973; Зайдель, 1974):

$$\sigma_{S_n} = \frac{\sigma}{\sqrt{2 \times (n-1)}}$$

Схема дослідів для дослідження впливу вильоту точки візування на точність руху просапного агрегату представлена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Схема дослідів, що проводилися згідно з планом 2^3 для оцінки точності руху просапного агрегату

Назва (кодоване позначення)	Фактор		Значення фактора в досліді								
	Натуральне значення на рівні										
	нижньому	верхньому	1	2	3	4	5	6	7	8	
Швидкість руху V , м/с X_1	1,52	2,38	-	-	-	+	+	+	-	-	+
Довжина хвилі гармонічної кривої T , м X_2	21	50	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Виліт точки візування, м	2,5	4,0	-	+	+	+	+	+	-	+	+

записаного в більш узагальненому вигляді

$$\sigma_{s_n} = \sigma / \sqrt{2 \cdot (N \cdot n - 1)}, \quad (3.2)$$

де σ_{s_n} - середня квадратична похибка помилки копіювання заданої траєкторії, см;

σ - усереднена, за результатами попередніх експериментальних досліджень, середня квадратична похибка копіювання заданої траєкторії;

N - кількість повторностей дослідів в одній точці плану експериментів;

n - кількість вимірювань, виконаних в одній повторності.

Для отримання достатньої точності експерименту було прийнято, що σ_{s_n}

не повинно перевищувати 5% від σ , тобто

$$\sigma_{s_n} \leq 0,05 \sigma, \quad (3.3)$$

Підставляючи цей вираз у співвідношення (3.2) отримаємо:

$$0,05 \cdot \sigma \geq \frac{\sigma}{\sqrt{2 \cdot (N \cdot n - 1)}} \quad (3.4)$$

звідки

$$N \cdot n = 201$$

Це означає, що для отримання необхідної точності досить провести дослід в двох повторностях ($N = 2$), в кожній з яких виконується не менше 100 вимірювань ($n = 100$). Фактично дослід проводився в чотирикратній повторності, в кожній з яких виконувалося по 101-у вимірюванню (при натурних випробуваннях) і по 51-у вимірюванню (при полігонних випробуваннях). Відповідно до планів експериментів під час проведення полігонних випробувань залікові ділянки відмічалися довжиною не менше 51...55 м, а при натурних випробуваннях - не менше 101...105 м. Залікові ділянки при натурних випробуваннях відмічалися в випадкової послідовності і не ближче 100 м від смуг розворотів.

3.6. Умови та методика проведення дослідів

Випробування проводилися в господарстві з типовими для Лісостепу України ґрунтово-кліматичними умовами. Тип ґрунту - чорнозем опідзолений, велико-пилевато-легкоєуглинистий на лесі. Структура ґрунту - комкувата, рельєф - хвиляста рівнина. Рельєф поля - рівний з невеликими блюдцями. Мікрорельєф рівний. Кількість і площа полів - одне, 120 га. Обробіток, що передував посіву - оранка на зяб, закриття вологи, суцільна культивування в два сліди на глибину 5-6 см. Спосіб руху при посіві і міжрядному обробітку -

човниковий. Довжина гону - 400 ... 1200 м. Ширина міжрядь 70 см.

Характеристика умов випробувань представлена в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Характеристика умов випробувань

(виконана відділом випробувань УкрНДІПВТ)

Найменування показника	Значення показника
Марка машини (машин в агрегаті)	T-150K + КРН-8,4
Вологість ґрунту, % в шарах, см: 0-5 5-10 10-15	20,5 22,0 22,1
Твердість ґрунту в рядках, МПа в шарах, см: 0-5 5-10 10-15	0,50 1,17 1,14
Характеристика кукурудзи:	
Висота рослин, см	10,2
Ширина рослин, см	15,1
Кількість бур'янів на 1 м ² , шт.	19,2

При підготовці до випробувань, відповідно до керівних матеріалів з експлуатації, були проведені регулювання рульового управління трактора. Люфт рульового колеса не перевищував 0,35 рад, тиск спрацьовування запобіжного клапана був рівним 7,5 МПа, поворот трактора з одного крайнього положення в інше відбувався за 4 ... 5 с. Тиск в шинах передніх і задніх коліс становив відповідно $0,12 \pm 0,01$ і $0,10 \pm 0,01$ МПа.

В якості опорної траєкторії застосовувалися гармонічні криві, які характеризуються амплітудою a і довжиною хвилі T , обґрунтування розмірів яких наведено у додатку С. Нижньому рівню фактора «довжина хвилі»

відповідало значення 21 м, а верхньому - 50 м.; амплітуда у всіх випадках була однаковою 20 см.

Досліди проводилися в наступній послідовності. Після підготовки обладнання до роботи, агрегат заїжджав на розгінну ділянку так, що опорна траєкторія 2 (рис. 3.3) залишалася справа по ходу трактора.



Рис. 3.3. Схема орієнтування водія дослідного просапного агрегату вздовж опорної траєкторії:

1 - прицільна планка візирного пристрою; 2 - опорна траєкторія

Прицільна планка візирного пристрою 1 знаходилася над віссю опорної траєкторії. Агрегат починав розгін до заданої швидкості руху, при цьому водій візуально суміщував прицільну планку візирного пристрою з віссю опорної траєкторії. Після заїзду на розгінну ділянку водій опускав відмітки 4 і 5 (див. рис. 3.6) траєкторій відповідно переднього і заднього мостів. На заданій швидкості агрегат проїжджав заліковий ділянку. Після проходу трактора на

грунті залишалися чотири чітко означених траєкторії. Перша (нанесена крейдою) - опорна траєкторія; друга (прокреслена металевим відмітчиком 4) - траєкторія центру переднього моста, третя (прокреслена металевим відмітчиком 5) - траєкторія центру заднього моста і четверта (прокреслена робочим органом) траєкторія робочого органу.

Траєкторія руху наносилася на ґрунт меленою крейдою, змішаною з річковим піском у пропорції 1:1. При цьому використовувався шнур довжиною 210 м з мітками через 0,5 м. Координати точок, які наносились на ґрунт визначалися за формулою:

$$Y = 20 \cdot \cos \left[\left(\frac{2\pi}{T} \right) \cdot x - 20 \right], \quad (3.5)$$

де T - довжина хвилі гармонічної кривої, м;

x - поздовжня координата, м (задавалася дискретно з інтервалом 0,5 м).

Опорною траєкторією при полігонних випробуваннях була гармонічна крива, параметри якої визначалися відповідно до викладеної вище методики.

В процесі випробувань водій контролював положення агрегату щодо опорної траєкторії 2 за допомогою візирного пристрою з прицільною планкою 1 (див. рис. 3.3).

З метою запису траєкторії культиватора, на двох секціях, розташованих симетрично відносно поздовжньої осі агрегату, були встановлені тільки долотоподібні лапи, які залишають чіткий слід. Після проходження агрегату через кожен метр шляху за допомогою спеціальної лінійки на ґрунті зчитувалися і заносилися в польовий журнал бічні відхилення шупа 1 однісі (близької) з долотоподібних лап відносно опорної траєкторії.

Для виконання натурних випробувань просапного агрегату на міжрядному обробітку кукурудзи, посіяної начіпним 12-рядним агрегатом на базі трактора Т-150К.

Перед початком випробувань поле (по довжині гону) розбивалося на залікові ділянки довжиною 101 ... 105 м. Початок і кінець кожної з ділянок позначалися віхами, відстань між сусідніми ділянками (по довжині гону) становила не менше 150 м. Залікові ділянки розміщувалися на відстані не менше 100 м від смуг розворотів. Порядок проведення дослідів був аналогічний викладеному вище з тією різницею, що в якості опорної траєкторії слугував рядок рослин. Для запису траєкторії руху робочих органів культиватора на одній із секцій були встановлені тільки односторонні плоскоріжучі лапи 1 (рис. 3.4), одна з яких мала ґрунтовідкидач 2. Це дозволяло отримати чітку не засипану межу 3 захисної зони рядка, що давало можливість більш точно проводити вимірювання.



Рис. 3.4. Розташування ґрунтовідкидача для формування чіткої межі односторонньої захисної зони рядка

НУБІП УКРАЇНИ

1 - одностороння плоскорізюча лана (брита); 2 - ґрунтовідкидач; 3 - межа захисної зони рядка

3.7 Методика обробки експериментальних даних

НУБІП УКРАЇНИ

Зчитування координат траєкторій характерних точок виконували з допомогою спеціальної лінійки – рис. 3.5. [14]

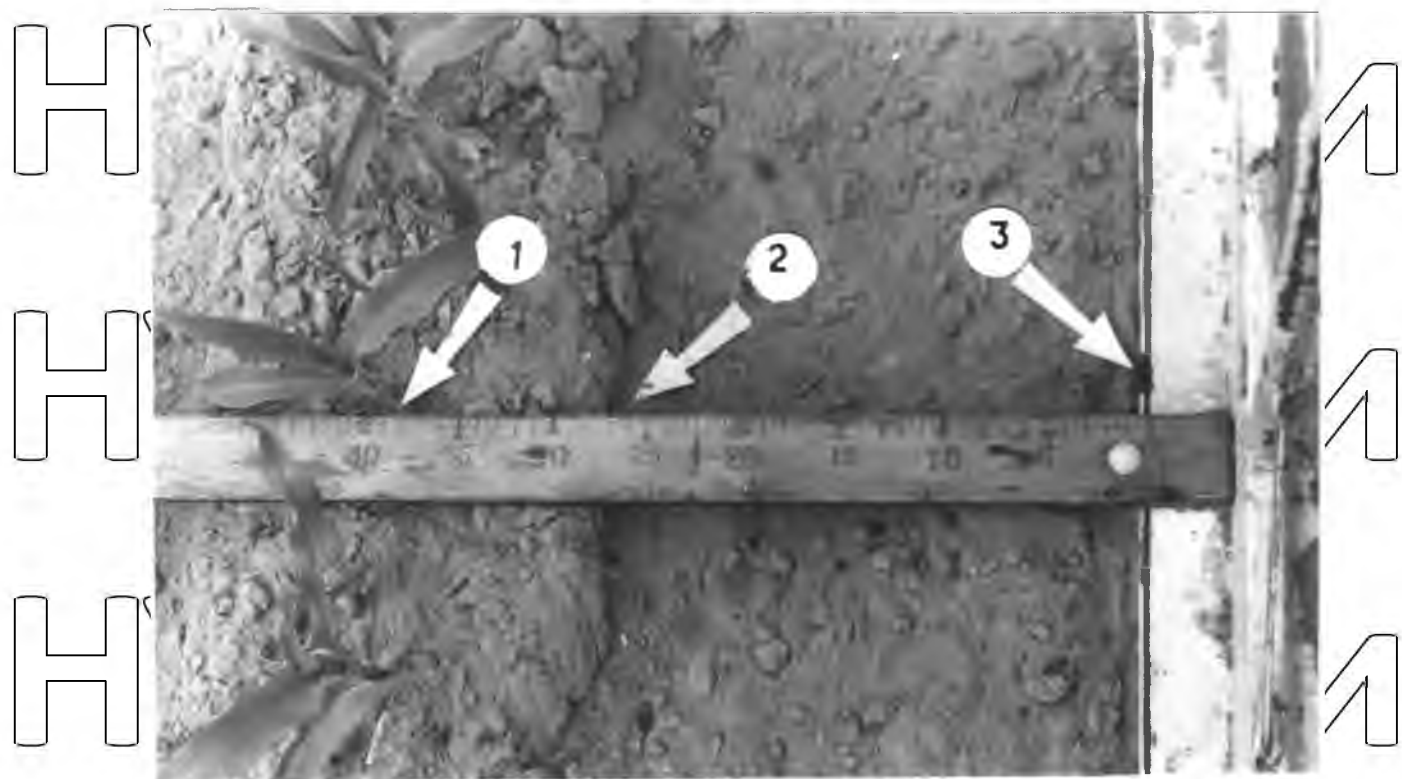


Рис. 3.5. Лінійка для вимірювання бічних відхилень осі рядка рослин (1) і траєкторії руху робочого органу (2) від натягнутого прямолінійного шнура (3)

Інтервал дискретизації отриманих в процесі полігонних і натурних випробувань реалізацій досліджуваних процесів, виражений в метрах, визначався із співвідношення (Лур'є, 1970, с. 107).

$$\Delta X = \pi / k_{\Gamma} = 0,78 \text{ м,}$$

де k_{Γ} - верхня межа хвильових чисел керуючих впливів, згідно даних роботи (Пожидаев, 1984) $k_{\Gamma} = 4$ рад/м.

Насправді ж інтервал дискретизації при зчитуванні значень ординат був прийнятий рівним 1 м, що дозволило враховувати в досліджуваному процесі гармоніки з хвильовим числом до 3 рад/м.

Зчитування даних з діаграм, що визначають характер зміни кута зламу піврам трактора, проводилося методом ординат. Інтервал дискретизації на діаграмі становив 2,5 мм, що відповідало інтервалу дискретизації за часом 0,47 с, а за шляхом - 0,71 і 1,13 м. при швидкості руху агрегату 1,52 і 2,38 м/с відповідно.

Отримані результати вимірювань піддавалися попередній і основній обробці. Перша з них включала перевірку на наявність грубих помилок з наступним вибраковуванням їх при виявленні за відомими методиками (Завалишин, Машнев, 1982; Румшиский, 1971). Крім того, визначалися початкові моменти розподілу (центральні, зміщені і незміщені), ексцес β_2 і квадрат коефіцієнта асиметрії $\beta_1 = \rho^2$, також проводилася перевірка погодження дослідного розподілу з теоретичним нормальним.

Визначення початкових моментів розподілу β_2 і асиметрії ρ проводилося в такій послідовності. Початкові моменти обчислювалися за співвідношенням:

$$M_1 = \sum^N X_i / N; \quad M_2 = \sum^N X_i^2 / N; \quad M_3 = \sum^N X_i^3 / N; \quad M_4 = \sum^N X_i^4 / N, \quad (3.6)$$

де N - кількість отриманих значень величини X .

На підставі значень початкових моментів обчислювали другий, третій і четвертий центральні моменти (Румшиский, 1971, с. 29).

$$\begin{aligned} \mu_{2\text{CM}} &= M_2 - \frac{M_1^2}{N}; & \mu_{3\text{CM}} &= M_3 - (3 \cdot \mu_{2\text{CM}} + \frac{M_1^2}{N}) \times \frac{M_1}{N} \\ \mu_{4\text{CM}} &= M_4 - [4 \cdot \mu_{3\text{CM}} + (6 \cdot \mu_{2\text{CM}} + \frac{M_1^2}{N}) \times \frac{M_1}{N}] \end{aligned} \quad (3.7)$$

Зважаючи на обмеженість обсягу вибірки, значення $\mu_{2\text{CM}}$, $\mu_{3\text{CM}}$ і $\mu_{4\text{CM}}$ є зміщеними - вони менші за дійсні значення центральних моментів.

Для переходу від зміщених моментів до незміщених використовувалися наступні співвідношення, запропоновані Р.А. Фішером (Коуден, 1961, с. 72):

$$\begin{aligned} \mu_2 &= \mu_{2\text{CM}} \times N / (N - 1); \\ \mu_3 &= \mu_{3\text{CM}} \times N^2 / [(N - 1)(N - 2)]; \\ \mu_4 &= \mu_{4\text{CM}} \times N^2(N + 1) / [(N - 1)(N - 2)(N - 3)]. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Однак досвід обробки дослідних даних показує, що незміщені моменти за Р.А. Фішером також часто обтяжені значною систематичною похибкою, але вже в інший бік - вони більші за дійсні. У зв'язку з цим доцільно обчислювати і ті і інші моменти, розглядаючи їх як «виліску» для дійсних значень центральних моментів.

Нормовані четвертий (експес β_2) і третій (асиметрія ρ) центральні моменти (Коуден, 1961, с. 72), а також квадрат останнього рівні:

$$\rho_{\text{CM}} = \mu_{3\text{CM}} / \mu_{2\text{CM}}^{1,5}; \quad \beta_{1\text{CM}} = \rho_{\text{CM}}^2; \quad \beta_{2\text{CM}} = \mu_{4\text{CM}} / \mu_{2\text{CM}}^2,$$

або

$$\rho = \mu_3 / \mu_2^{1,5}; \quad \beta_1 = \rho^2; \quad \beta_2 = \mu_4 / \mu_2^2$$

Значення коефіцієнтів β_1 і β_2 використовувалися для попередньої оцінки близькості дослідного розподілу значень X_i до того чи іншого закону теоретичного розподілу (в нашому випадку - до нормального). При цьому враховувалося, що величини ρ , β_1 і β_2 обтяжені значною статистичною похибкою, середньоквадратичне значення якої дорівнює (Румшиский, 1971):

$$S_\rho = \sqrt{\frac{6(N-1)}{[(N+1)(N+3)]}}; \quad (3.9)$$

$$S_{\beta_1} = 2 \times \rho \times S_\rho + S_\rho^2;$$

$$S_{\beta_2} = \sqrt{\frac{[24(N-2)(N-3)]}{[(N+3)(N+5)]}}.$$

Це дозволило отримати інтервальну оцінку для величин β_1 і β_2 , яка для 95% ймовірності довіри дорівнює, відповідно:

$$\beta_{1_{\text{и}}} = \hat{\beta}_1 \pm 2 \cdot S_{\beta_1}; \quad \beta_{2_{\text{и}}} = \hat{\beta}_2 \pm 2 \cdot S_{\beta_2} \quad (3.10)$$

За отриманою інтервальною оцінкою величин β_1 і β_2 , за допомогою діаграми Пірсона (Хан, Шапіро, 1969, с.231) виконувалася попередня оцінка близькості дослідного розподілу значень X_i до одного з теоретичних розподілів.

Перевірку погодженості дослідного розподілу з теоретичним нормальним виконували за допомогою критеріїв Колмогорова і омега-квадрат (ω^2) згідно ГОСТ 11.006-74. (Критерій хі-квадрат не використовувався за тієї

причини, що він вимагає групування даних за інтервалами, що може вплинути на результати перевірки (Хан, Шапіро, 1969, с. 345).

Обчислення оціночних значень критеріїв Колмогорова і омега-квадрат виконувалося за допомогою ПК типу IBM за алгоритмом, викладеному в згаданому стандарті, який передбачає запис значень результатів випробувань в нормованому вигляді Z_i . Обчислення їх теоретичної F_{Ti} і дослідної F_i

функцій розподілу, різниці функцій розподілу D і остаточне обчислення значень λ і ω^2 – див. додаток Г.

За результатами обчислень для кожної вибірки будувався графік залежності дослідної та теоретичної функцій розподілу результатів випробувань, записаних в нормованих значеннях.

Основна обробка результатів експериментальних досліджень зводилася до обчислення середніх значень даної вибірки (\bar{X}), дисперсії (σ^2), середніх квадратичних відхилень, значень автокореляційної функції, спектральної щільності розподілу дисперсії за частотами.

Амплітуда помилки копіювання робочими органами агрегату моногармонічної базової лінії обчислювалася за співвідношенням, яке має вигляд:

$$A_{\text{пох}} = \sqrt{2 \cdot \sigma^2}. \quad (3.11)$$

Для встановлення регресійних залежностей, досліджуваних процесів від раніше згаданих змінних величин, отримані значення дисперсій і СКВ оброблялися методами, які застосовуються при обробці факторних експериментів, що призводило до одержання рівняння регресії виду:

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^m b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j, \quad (3.12)$$

де b_0 – вільний член,
 m – кількість керованих змінних,
 b_i і b_{ij} – коефіцієнти регресії.

Результати експериментальних досліджень апроксимувались поліномами, порядок яких визначався отриманими раніше теоретичними залежностями. Так, наприклад, передавальна функція підсилювальної ланки $W_r(p)$, на робочому діапазоні частот, апроксимувалась поліномом першого

ступеня, а амплітуда помилки апроксимувалась поліномом другого ступеня виду

НУБІП УКРАЇНИ

$$Y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$$

де x - частота, рад/с, або хвильове число, рад/м

НУБІП УКРАЇНИ

Обчислення коефіцієнтів поліномів, залишкових дисперсій, визначення статистичної значущості коефіцієнтів і інтервалів довіри для кінцевих

залежностей проводилося за стандартними методиками, викладеними в

НУБІП УКРАЇНИ

роботах (Закс, 1976; Четыркин, 1977; Ферстер, Ренц, 1983; Любо, 1986).

При обґрунтуванні мінімально допустимої ширини односторонньої установочної захисної зони рядка виходили з припущення, що помилка

копіювання підкоряється закону нормального розподілу і, відповідно,

«правилу трьох сигм». Це дозволило скористатися співвідношенням:

НУБІП УКРАЇНИ

$$z_y = A_{\text{ОШ.Р}} + 4,5 = 3 \cdot \sigma + 4,5, \quad (3.13)$$

де z_y - розмір односторонньої установочної захисної зони, см;

НУБІП УКРАЇНИ

$A_{\text{ОШ.Р}}$ - амплітуда помилки копіювання робочими органами агрегату оброблюваних рядків рослин, см:

$$A_{\text{ОШ.Р}} = 3\sigma;$$

НУБІП УКРАЇНИ

σ - середня квадратична помилка копіювання рядка, см;

4,5 - мінімально допустима одностороння захисна зона за біологічними ознаками культури і розсіюванням рослин по ширині рядка, см.

НУБІП УКРАЇНИ

3.8. Висновки з розділу

1. Передбачено проведення досліджень оглядовості з поста керування енергозасобів різної конструкції та компоновальних схем.

2. Передбачено проведення досліджень впливу вильоту точки візування на точність руху просапного культиватора вздовж гармонічної кривої під час полігонних випробувань та рядка рослин під час натурних випробувань.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1. Результати дослідження оглядовості серійних машин

Для енергозасобів різних конструкцій і конструктивно-компоновальних схем характеристики оглядовості будуть різними, що показують дані експериментальних досліджень коефіцієнта оглядовості з поста керування енергозасобів різних марок і компоновок, проведені за залежністю (2.1) і викладені в табл. 4.1 [10].

Таблиця 4.1.

Експериментальні значення коефіцієнта оглядовості енергозасобів і самохідних машин [10]

Марка енергозасобу, самохідної машини	Значення коефіцієнта оглядовості K	
	штатний рух вперед	реверсний рух
1. MF-7246 (зернозбиральний комбайн)	0,86	-
2. Holmer Terra Dos T3 (бурякозбиральний комбайн)	0,89	-
3. ХТЗ-17221	0,39	0,40
4. ХТЗ-17022	0,45	0,38
5. МТЗ-1522В	0,40	0,66
6. MF	0,48	0,80
7. Fendt-926 Vario	0,49	0,94
8. Valtra Valmet-8750	0,49	0,61
9. ПМЗ-8285	0,60	0,56

Приведені в табл. 4.1 дослідження проведені з урахуванням характерних ліній і точок відповідно до схеми представленої на рис. 2.1, а об'єктами експериментальних досліджень були енергозасоби фірм Fendt, Massey Ferguson (MF), Valtra Valmet, МТЗ, ПМЗ, а також зернозбиральний комбайн MF-7246 та бурякозбиральний комплекс Holmer Terra Dos T3 [10, 11].

З метою порівняння отриманих результатів досліджень з бажаними для забезпечення ефективного виконання технологічної операції в якості контрольних визначались показники оглядовості самохідних спеціалізованих машин. Так показники оглядовості, отримані для спеціалізованих збиральних машин досягнуті на рівні 0,86 та 0,89 для зернозбирального комбайна Massey Ferguson та бурякозбирального комбайна Holmer Terra Dos T3 відповідно. Такі високі показники для самохідних спеціалізованих машин обумовлені кутом нахилу нижньої межі зони оглядовості оператора β , значення якого істотно вище, ніж ті що передбачені у роботі [2] на рівні 30° для забезпечення мінімального втомлення оператора. Це пояснюється специфікою роботи збиральних машин, де велика увага приділяється саме візуальному контролю за роботою вузлів і агрегатів машини. В такому випадку і оцінку оглядовості з поста керування МНЗ доцільно вести дотримуючись тих же правил, не обмежуючись кутом $\beta = 30^\circ$. Останнє веде до передчасного втомлення оператора через порушення вимог ергономіки і може бути компенсовано шляхом скорочення часу зміни, або використання ще одного оператора, що дуже часто застосовується на практиці.

Таким чином, результати, приведені в табл. 4.1 показують, що вітчизняні енергозасоби конструктивно-компонувальної схеми близької до інтегральної (за розташуванням поста керування, розміром коліс тощо) найменш придатні до використання на реверсі у складі збиральних агрегатів (значення $K=0,38$ та $0,40$ для ХТЗ-17022 та ХТЗ-17221 відповідно) порівняно з енергозасобами класичної конструктивно-компонувальної схеми закордонного виробництва (значення $K=0,80$ та $0,94$ для машин класичної конструктивно-компонувальної схеми

виробництва Massey Ferguson (MF) та Fendt відповідно). Енергосаби виробництва ПМЗ та МТЗ, за умови роботи на реверсі, характеризуються значеннями коефіцієнта оглядовості, на рівні 0,56 та 0,66 відповідно, що істотно нижче аналогічних показників для машин закордонного виробництва такої ж компоновальної схеми [10].

4.2. Результати дослідження впливу вильоту точки візування на точність руху просапного агрегату

4.2.1. Перевірка розподілів результатів експериментальних даних на погодженість з нормальним законом розподілу

У табл. 4.1 наведені основні показники, отримані під час первинної обробки результатів полігонних випробувань точності руху просапного агрегату в складі трактора Т-150К і культиватора КРН-8,4. У першому рядку таблиці наведена нумерація восьми дослідів, передбачених матрицею планування експериментів. У стовпцях, які відповідають кожному з восьми дослідів, в кодованому вигляді записані значення керованих факторів, якими є швидкість руху агрегату, довжина хвилі гармонічної кривої і стан коригувального пристрою. Нижче, в кожному зі стовпців, наведені початкові моменти розподілу, отримані в чотирьох повторностях (нумерація повторностей зверху вниз). В кінці таблиці наведені результати первинної обробки даних, що включають значення квадрата коефіцієнта асиметрії і ексцесу, отримані в повторностях, і їх усереднене значення з СКВ, а також теоретичні значення цих величин для закону нормального розподілу.

Найбільший розкид даних отримано в другому досліді (за швидкості руху 1,52 м/с, довжині хвилі гармонічної кривої 21 м і включеному коригувальному пристрої). У цьому досліді інтервальні оцінки величин β_1 і β_2 , справедливі з ймовірністю довіри 95%, мають такі значення:

$$\beta_{1M} = 0,39 \pm 1,04;$$

$$\beta_{2M} = 3,36 \pm 1,24$$

де $1,04$ і $1,24$ - інтервали довіри для усереднених значень відповідно квадрата коефіцієнта асиметрії і ексцесу.

Аналіз отриманих інтервальних оцінок величин β_1 і β_2 спільно з їх теоретичними значеннями для кожного з відомих законів розподілу дозволив висунути гіпотезу про близькість розподілу результатів другого дослідження до нормального закону розподілу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Продовження таблиці 4.1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$M_3, \text{см}^3$		-139,05	-128,97	74,65	-297,66	-188,62	30,52	-98,51	2,91
		-111,92	-37,04	-5,37	-269,65	76,70	158,24	26,39	-27,33
		-123,04	-58,17	23,16	-270,05	-51,25	80,70	13,10	1,13
		-122,63	-60,14	1,42	-149,13	-13,12	80,40	12,69	-5,73
$M_4, \text{см}^4$		6666	2743	3418	15957	6309	6393	6055	277
		4739	1940	868	9323	1406	27032	967	954
		4809	2890	600	16419	287	12269	2449	347
		6156	4679	1031	14002	1461	13992	1400	307
Квадрат коефіцієнта асиметрії, β_1									
- в кожній з чотирьох повторностей		0,15	0,99	0,094	0,14	0,03	0,006	0,080	0,009
		0,18	0,04	0,007	0,15	0,67	0,018	0,038	0,095
		0,16	0,15	0,190	0,16	0,20	0,021	0,007	0,002
		0,18	0,38	0,001	0,05	0,02	0,025	0,017	0,028
		0,17	0,39	0,073	0,12	0,31	0,02	0,04	0,03
- 95-відсотковий інтервал довіри середнього значення (\pm)		0,76	1,04	0,57	0,34	0,95	0,40	0,48	0,45
теоретичне значення для нормального розподілу		0	0	0	0	0	0	0	0

НУБІП України

Продовження таблиці 4.1.

Експерт, β_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
- в кожній з чотирьох повторностей	2,62	4,17	2,24	2,15	2,87	2,08	2,47	3,00	
- середнє значення	2,83	1,85	3,45	2,18	3,31	2,15	2,18	2,42	
- 95-відсотковий інтервал довіри середнього значення (\pm)	2,36	3,69	3,06	2,76	2,33	2,64	2,88	3,39	
- теоретичне значення для нормального розподілу	2,78	3,74	3,91	2,25	2,98	3,49	3,15	2,77	
	2,65	3,36	3,16	2,34	2,87	2,57	2,67	2,89	
	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	
	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	

НУБІП України

НУБІП України

Аналогічний аналіз, проведений для інших дослідів плану експериментів, представленого в табл. 4.1, також дозволив висунути гіпотези про близькість розподілу їх результатів до нормального закону розподілу.

Подібний аналіз, проведений для всіх без винятку вибірок у всіх названих серіях дослідів дозволив, з імовірністю довіри 95%, висунути гіпотези про близькість їх законів розподілу до нормального.

4.2.2. Результати полігонних випробувань з визначення передавальної функції підсилювальної ланки

У табл. 4.2 наведені показники, що характеризують якість копіювання траєкторії щупа робочим органом культиватора залежно від вильоту точки візування при одних і тих же поєднаннях двох інших керованих факторів - V і T .

Таблиця 4.4.

Показники, які характеризують похибку копіювання робочим органом культиватора траєкторії щупа

ПОКАЗНИК	ЗНАЧЕННЯ							
	(в дослідях №№ 1 - 8)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Керовані фактори:								
- V	-	-	-	-	+	+	+	+
- T	-	-	-	+	-	-	+	+
- I_a	-	+	-	+	-	+	-	+
Дисперсія помилки копіювання, см ²	16,79	3,34	20,45	3,23	20,87	5,47	17,38	4,90
оціночна в повторностях	17,91	5,88	17,97	5,42	16,25	6,52	16,66	6,91
	12,41	4,42	11,27	3,87	22,51	5,95	13,30	5,44
	19,56	5,57	23,37	4,19	17,14	4,89	15,67	4,92

Значення критерію Фішера:				
	5,03	6,33	3,81	3,55
- оціночне в повторностях	3,05	3,31	2,49	2,70
	2,81	2,91	3,78	2,44
	3,51	5,58	3,51	3,16
- критичне $F_{50;50;0,05}$	1,60	1,60	1,60	1,60

Мінімальне оціночне значення критерію Фішера, отримане в дослідках, що відрізняються тільки станом коригувального пристрою складає 2,44 при критичному його значенні, взятому при імовірності довіри 95%, рівному 1,60.

Це говорить про те, що вибірки дисперсій, які досліджуються і порівнюються належать до різних генеральних сукупностей або, іншими словами, що увімкнення коригувального пристрою чинить статистично значимий вплив на точність руху агрегату.

Подальша обробка отриманих результатів дослідження дисперсії помилки копіювання робочим органом культиватора траєкторії орієнтованої кривої призвело до отримання рівняння регресії (зі статистично значущими на рівні 5% коефіцієнтами):

$$D = 11,36 - 6,2 \cdot l_a \quad (4.1)$$

де D - дисперсія помилки копіювання робочим органом культиватора траєкторії шупа, см²;

l_a - виліт точки візування (+1 - 2,5 м; -1 - 4,0 м).

Дві інші незалежні змінні - швидкість руху і довжина хвилі гармонічної кривої - виявилися статистично незначущими і в рівняння регресії не увійшли.

З отриманого рівняння регресії випливає, що, незалежно від швидкості руху агрегату і довжини хвилі гармонічної кривої, зменшення вильоту точки візування забезпечує зменшення дисперсії помилки копіювання робочим

органом культиватора траєкторії щупа на 71% (від 17,5 см² при збільшеному вильоті до 5,1 см², при зменшеному).

Таким чином встановлено, що при зменшенні вильоту точки візування взаємні відхилення робочого органу культиватора і орієнтуючої лінії зменшуються. Це призводить до поліпшення якості копіювання опорної траєкторії культиватором.

4.3. Висновки з розділу

1. Показники оглядовості з робочого місця оператора мобільного енергетичного засобу мають наступні значення: MF-7246 (зернозбиральний комбайн) – 0,86; Holmer Terra Dos T3 (бурякозбиральний комбайн) – 0,89; ХТЗ-17221 – 0,39 (штатний рух) та 0,40 (реверсивний рух); МТЗ-1522В – 0,40 (штатний рух) та 0,66 (реверсивний рух); Fendt 926 Varjo – 0,49 (штатний рух) та 0,94 (реверсивний рух); ПМЗ-8285 – 0,60 (штатний рух) та 0,56 (реверсивний рух).

2. Вітчизняні енергозасоби конструктивно-компонувальної схеми близької до інтегральної (за розташуванням поста керування, розміром коліс тощо) найменш придатні до використання на реверсі у складі збиральних агрегатів (значення $K=0,38$ та $0,40$ для ХТЗ-17022 та ХТЗ-17221 відповідно) порівняно з енергозасобами класичної конструктивно-компонувальної схеми закордонного виробництва (значення $K=0,80$ та $0,94$ для машин класичної конструктивно-компонувальної схеми виробництва Massey Ferguson (MF) та Fendt відповідно). Енергозасоби виробництва ПМЗ та МТЗ, за умови роботи на реверсі, характеризуються значеннями коефіцієнта оглядовості, на рівні 0,56 та 0,66 відповідно, що істотно нижче аналогічних показників для машин закордонного виробництва такої ж компонентної схеми.

3. Незалежно від швидкості руху агрегату і довжини хвилі гармонічної кривої, зменшення вильоту точки візування забезпечує зменшення дисперсії помилки копіювання робочим органом культиватора траєкторії щупа на 71% (від 17,5 см² при збільшеному вильоті до 5,1 см², при зменшеному).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. З метою зниження собівартості продукції сільського господарства потрібно розширити сферу використання мобільних енергетичних засобів за рахунок використання їх у складі збиральних агрегатів.

2. Оглядовість з поста керування енергозасобу повинна забезпечуватись в зоні окресленій кутом нахилу променя зору оператора 15° від горизонтальної лінії, яка проходить через точку відліку (очі оператора).

3. Побудована передавальна агрегату за помилкою копіювання і сформульована вимога до точності руху агрегату відносно рядків рослин, сутність якої полягає в тому, що різниця модуля передавальної функції просапного агрегату за помилкою копіювання і відносного значення допустимої амплітуди помилки копіювання рядка не повинна мати негативних значень.

4. Для трактора тягового класу 3 (ХТЗ-170, ХТЗ-161, Т-150К тощо), де розташування очей оператора знаходиться на висоті h , що перевищує 2 м від рівня опорної поверхні, точка візування може перебувати на відстані l_a від переднього моста, що дорівнює 2,5 ... 8 м. Насправді ж виліт точки візування становить 3,5 ... 4 м.

5. Точність руху просапного агрегату з трактором типу Т-150К, але з передніми керованими колесами, підвищується при зменшенні відносного вильоту робочого органу від 1 до мінус 1. Так, при відносному вильоті, що дорівнює 1, агрегат задовільно працює в зоні хвильових чисел гармонійних складових викривлень рядків рослин, що обробляються від θ до 0,33 рад/м; при вильоті, що дорівнює мінус одиниця - від θ до ∞ .

6. Показники оглядовості з робочого місця оператора мобільного енергетичного засобу мають наступні значення: MF-7246 (зернозбиральний комбайн) – 0,86; Holmer Terra Dos T3 (бурякозбиральний комбайн) – 0,89; ХТЗ-17221 – 0,39 (штатний рух) та 0,40 (реверсивний рух); МТЗ-1522В – 0,40 (штатний рух) та 0,66 (реверсивний рух); Fendt-926 Varjo – 0,49 (штатний рух)

та 0,94 (реверсивний рух); ПМЗ-8285 – 0,60 (штатний рух) та 0,56 (реверсивний рух).

7. Вітчизняні енергозасоби конструктивно-компонувальної схеми близької до інтегральної найменш придатні до використання на реверсі у складі збиральних агрегатів (значення $K=0,38$ та $0,40$ для ХТЗ-17022 та ХТЗ-17221 відповідно) порівняно з енергозасобами класичної конструктивно-компонувальної схеми закордонного виробництва (значення $K=0,80$ та $0,94$ для машин класичної конструктивно-компонувальної схеми виробництва

Massey Ferguson (MF) та Fendt відповідно). Енергозасоби виробництва ПМЗ та МТЗ, за умови роботи на реверсі, характеризуються значеннями коефіцієнта оглядовості, на рівні $0,56$ та $0,66$ відповідно, що істотно нижче аналогічних показників для машин закордонного виробництва такої ж компонентної схеми

8. Незалежно від швидкості руху агрегату і довжини хвилі гармонічної кривої, зменшення вильоту точки візування забезпечує зменшення дисперсії помилки копіювання робочим органом культиватора траєкторії шупа на 71% (від $17,5 \text{ см}^2$ при збільшеному вильоті до $5,1 \text{ см}^2$ при зменшеному).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна: Учебник для студентов вузов / И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов; Под общ. Ред. В.М. Шарипова. – М.: МГТУ «МАМИ», 2002. – 230 с.*

2. *Аруин А.С. Эргономическая биомеханика / А.С. Аруин, В.М. Зациорский. – М.: Машиностроение, 1988 - 256 с. ил.*

3. АБЕГАУЗ Г.Г. Справочник по вероятностным расчетам / Г.Г. Абегауз, А.Н. Тронь, Ю.Н. Коженкин, И.А. Коровина. - М.: Воениздат, 1970. - 536 с.

4. АВЕРЬЯНОВ С.Н. Определение угла складывания колесного тракторного агрегата, имеющего трактор с шарнирно-сочлененной рамой / С.Н. Аверьянов // Динамика колесно-гусеничных машин. - Волгоград; Б.И., 1977. - С. 118 - 125.

5. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ требования на 12-рядный культиватор для междурядной обработки высокостебельных культур // Сборник агротехнических требований на тракторы и с.-х. машины. - М.: ЦНИИТЭИ Союзсельхозтехника, 1975. - Т. XXI. - С. 91 - 93.

6. АНТОНЕНКОВ В.Н. Повышение точности вождения машинно-тракторного агрегата в процессе междурядной обработки сахарной свеклы: автореф. дис. канд. техн. наук / В.Н. Антоненков. - Харьков, 1991. - 18 с.

7. АНТЫШЕВ Н.М. Анализ возможностей использования тракторов общего назначения на возделывании пропашных культур / Н.М. Антышев, Б.И. Пейсахович, Н.И. Бычков // Тр. ВИМ. - 1982. - Т. 92. - С. 36-49.

8. А. с. 1532408 СССР, МКИ⁴ В62D63/02. Шарнирно-сочлененный трактор / Г.В. Шкаровский, С.П. Пожидаев (СССР). - N4281054/27-11 (114313); Заявлено 10.07.87; Опубл. 1989, Бюл. №48 // Открытия, Изобретения. - 1989. - № 48.

9. БАЕВ И.В. Обоснование параметров агрегатирования и режима движения трехмашинных полунавесных агрегатов с трактором Т-150 на

посеве и на междурядной обработке пропашных культур: автореф. дис. канд. техн. наук / И.В. Басв. - Харьков, 1989. - 16 с.

10. БОКЛАГ В.М. Анализ общей устойчивости шарнирно-сочлененных колесных машин: дис. канд. техн. наук / Боклаг В.М.- Харьков, 1964. -200 с.

11. БОКЛАГ В.М. Поворот тягача с шарнирной рамой / В.М. Боклаг // Тракторы и сельхозмашины, - 1963. - №1. - С. 1-13.

12. БОЛЬШЕВ Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. - [3-е изд.]. - М.: Наука, 1983. - 416 с.

13. ВИНОГРАДОВ К.Н. Обоснование параметров и конструкции универсальнопропашного трактора повышенной эффективности / К.Н.

Виноградов, А.С. Дурманов, Н.И. Кисилев, В.А. Овчаров, А.М. Плясов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1978. - 164 с.

14. ВОЗНЯК В.К. Исследование устойчивости движения и управляемости машинно-тракторного агрегата при междурядной обработке пропашных культур на повышенных скоростях (в условиях Ставропольского края): автореф. дис. канд. техн. наук / В.К. Возняк. - Ставрополь, 1970. - 25 с.

27. ВОРОБЬЕВ Л.И. О расстановке рабочих органов навесных машин / Л.И. Воробьев, Г.К. Чирва // Сельскохозяйственная машина, - 1939. - №10-11.

- С. 17-20.

15. ВОЛОХА М.П. Технологічний комплекс машин для виробництва буряків цукрових: ширина міжрядь. Теорія, моделювання, результати випробувань [монографія] / М.П. Волоха. - К.: Центр учбової літератури, 2015.

- 220 с.

16. ГЛУХОВСКИЙ В.С. Системы автовождения культиваторов - в производство / В.С. Глуховский, В.М. Паламарчук, В.П. Трубый // Сахарная свекла. - 1986. - N 5. - С. 20 - 22.

17. ГОСТ 12.2.019-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности (с Поправкой) / Межгосударственный стандарт. Дата введения 2017-07-01

18. ГОРЕЛИКОВ Б.Е. К вопросу об устойчивости прямолинейного движения пахотного агрегата на базе трактора К-701 / Б.Е. Гореликов, В.В. Дубина // Записки ЛСХИ. - 1972. - Т.198. - С. 34-37.

19. ДАВШАН С.М. Исследование и обоснование основных параметров широкорядного хлопкового культиватора: автореф. дис. канд. техн. наук / С.М. Давшан. - Харьков, 1968а, - 23 с.

20. ДВОРЦОВ Е.Ф. Исследование факторов, определяющих точность копировки ряда хлопчатника рабочими органами навесных агрегатов: дис. канд. техн. наук / Дворцов Е.Ф.. - М., 1959. - 139 с.

21. ДЕРЕПАСКИН А. И. Влияние узкозахватных мелиоративных орудий на кинематику движения колесного трактора с шарнирно-сочлененной рамой / А.И. Дерепаскин // Вопросы механизации с.-х. пр-ва Сев. Казахстана. - Алма-Ата: Б.И. - 1979. - С. 104 - 111.

22. ДИЯТЯН Н.А. Исследование криволинейного движения шарнирно-сочлененного трактора К-700 с учетом упругих свойств широкопрофильных шин: автореф. дис. канд. техн. наук / Н.А. Диятян. - М., 1971. - 22 с.

23. ДОСПЕХОВ Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - [5-е изд., доп. и перераб.] - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

24. ЕВСТРАТОВ А.М., ТАМИРОВ М.Л. Автоматизация вождения мобильных с.-х. агрегатов / А.М. Евстратов, М.Л. Тамиров. - М.: Россельхозиздат, 1982. - 77 с.

25. ЕВТЕНКО В.Г. Устойчивость и тягово-энергетические показатели широкозахватных пропашных агрегатов / В.Г. Евтенко, Н.А. Кривошея // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. - К.: Урожай, 1977. - Вып.40. - С. 30 - 35.

26. ЕСІПОВ О.В. Оцінка стійкості руху машинно-тракторного агрегату на міжрядній обробці просапних культур / О.В. Єсіпов, С.О. Челяшенко, М.Л. Шуляк.

27. ЖИГАН В.І. Високопродуктивні широкозахватні агрегата / В.І. Жиган // Механізація сільського госп-ва. - 1980. - №11. - С. 8-9.

28. ЗАЙДЕЛЬ А.Н. Ошибки измерений физических величин / А.Н. Зайдель. - Л.: Наука, 1974. - 108 с.

29. ЗАКС Л. Статистическое оценивание / Л. Закс; перевод с нем. В.Н. Варыгина. - М.: Статистика, 1976. - 598 с.

30. ЗЕНИН Л.С. Отклонение траекторий работах органов / Л.С. Зенин, Ф.С. Любимов, Х.С. Шандыров и др. // Тракторы и сельхозмашины. - 1976. - №8. - С. 22 - 24.

31. ЗИЛЬБЕРНАГЕЛЬ В.В. К вопросу о кинематике неустановившегося поворота шарнирно-сочлененного трактора / В.В. Зильбернагель, Л.Б. Гевелев // Труды Омского СХИ. - 1973. - Т. 114. - С.18 - 20.

32. ИЗЫСКАНИЕ научно обоснованных схем агрегатирования, обеспечивающих применение колесных тракторов класса 3 с комбинированной системой управления на возделывании пропашных культур и разработка рекомендаций по их использованию и составу набора машин. Отчет о НИР / Всесоюзный институт механизации сельского хозяйства (ВИМ); Руководитель А. Я. Поляк; № ГР 01850052947; Инв. №02860339627. - М., 1985.

- 123 с.
33. КАТАЛОГ деталей и сборочных единиц трактора Т-150К. - Харьков: Прапор, 1975. - 232 с.

34. КАШУРКО А.С., СИНЯКОВ В.А. Точность слежения при автовождении агрегата с навесным орудием / А.С. Кашурко, В.А. Синяков // Тр. УкрНИИСХОМ. - М.: ВИСХОМ, 1988. - 93 с.

35. КЛЕЙН Ю.К. Колесные тракторы как объекты управления / Ю.К. Клейн // Тр. НАТИ. - 1972. - Вып. 219. - С. 28 - 39

36. Кутьков Г.М. О технологических свойствах мобильных энергетических средств / Г.М. Кутьков // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Наукове фахове видання. Випуск 40. Мелітополь, 2006. - С 140-148.

37. КЛЕЙН Ю.К. О следящем приводе в системах автоматического вождения тракторов / Ю.К. Клейн, Е.Н. Фалеева, С.Б. Шипиловский // Механизация и электрификация сов. сел. хоз-ва. - 1975. - №9. - С. 42-43.

38. КОНОВАЛОВ В.Ф. Устойчивость и управляемость машинно-тракторных агрегатов / В.Ф. Коновалов. - Пермь: Б.И., 1969. - 444 с.

39. КУТЬКОВ Г.М. Исследование МЭС в составе широкозахватных МТА на возделывании пропашных культур / Г.М. Кутьков, В.Д. Черепухин, В.Т. Надикто и др. // Тракторы и с.-х. машины. - 1992. - №10-12. - С. 8-10.

40. ЛИТИНСКИЙ С.А. Исследование некоторых способов автоматизации вождения тракторов с.-х. назначения: автореф. дис. канд. техн. наук / С.А. Литинский. - М., 1960. - 23 с.

41. ЛУРЬЕ А.Б. Статистическая динамика с.-х. агрегатов / А.Б. Лурье. - Л.: Колос, 1970. - 376 с.

42. Либцис С.Е., Шаповалов Ю.С., Дехтерева В.К. Тенденции развития компоновочных схем и основных параметров сельскохозяйственных тракторов зарубежом: Обзорная информ / С.Е. Либцис, Ю.С. Шаповалов, В.К. Дехтерева // Сер. 1. Тракторы и двигатели. - М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1989. Вып. 3. - 90 с, 20 ил.

43. ЛЬЮИС К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей / К.Д. Льюис; перевод с англ. И предисл. Е.З. Демиденко. - М.: Финансы и статистика, 1986. - 133 с.

44. МАЛИНОВСКИЙ Е.Ю., ГАЙЦГОРИ М.Н. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой: Колебания и устойчивость движения / Е.Ю. Малиновский, М.Н. Гайцгори. - М.: Машиностроение, 1974. - 176 с.

45. МИТРОПАН Д.М. Исследование кинематики и динамики поворота шарнирно-сочлененных колесных тракторов: дис. канд. техн. наук / Митропан Д.М.. - Харьков, 1968. - 241 с.

46. МОДЕЛИРОВАНИЕ систем управления с.-х. машин // Вопросы с.-х. механики. - Минск: Ураджай, 1981. - 172 с.

47. НОРМАТИВНО-СПРАВОЧНЫЙ материал для экономической оценки с.-х. техники: Приложение к ГОСТ 23728-79 - ГОСТ 23730-79.: ЦНИИТЭИ, 1984. - 328 с.

48. НОРМЫ И НОРМАТИВЫ для планирования механизации и электрификации в отраслях АПК / Сост.: М.В. Шахмаев, В.Й.Юркин. - М.: Агропромиздат, 1988. - 591 с.

49. ОРМАНДЖИ К.С. Правила производства механизированных работ под пропашные культуры / К.С. Орманджи. - М.: Россельхозиздат, 1980. - 206 с.

50. ОУЭН Д.Б. Сборник статистических таблиц / Д.Б. Оуэн пер. с англ. - М.: ВМ АН СССР, 1966. - 586 с.

51. ПАТ. 2273978 Российская Федерация, МКИ⁷ А01В 69/00, А01G 25/06, Способ автоматического вождения сельскохозяйственного агрегата в междурядьях пропашных культур при капельном орошении [Текст] / ЕРМАКОВ Вячеслав Михайлович (RU), ЕРМАКОВ Михаил Вячеславович (RU), ШЛЯХОВ Виктор Александрович (RU), заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства (ГНУ

ВНИИОБ) (RU). - № 2003117839/12; заявл. 16.06.2003 ; опубл. 20.04.2006, Бюл. № 11 - 6 с.: ил.

52. ПАТ. 2361381 Российская Федерация, МКИ⁷ А01В 69/00, А01D 41/127, А01D89/00, А01B77/00, А01C7/00, Способ и система автоматического управления сельскохозяйственной машиной, уборочная машина и машина для обработки почвы [Текст] / ХОФЕР Юрген (DE), БОНЕР Манфред (DE), ФРАЙХЕЛЬ Торстен (DE); заявитель и патентообладатель ДИР ЭНД КОМПАНИ (US). - № 2004132543/12; заявл. 05.11.2004 ; опубл. 20.07.2009, Бюл. № 20 - 21 с.: ил.

53. ПАТ. 2404561 Российская Федерация, МКИ⁷ А01В 69/08. Способ вождения пропашного агрегата и трактор для его осуществления [Текст] /

Черняков Ю.Ф.; заявитель и патентообладатель Черняков Юрий Феликсович.

№ 2009127634/11; заявл. 17.07.2009; опубл. 27.11.2010, Бюл. № 33 – 6 с.: ил.

54. ПАТ. 2430499 Российская Федерация, МКИ⁷ A01B 69/00, B60L 9/00.

Способ и устройство управления движением мобильного агрегата при выполнении агропроцессов [Текст] / Стребков Д.С., Королев В.А., Башилов

А.М., Некрасов А.И., Суляев С.А., Трубников В.З.; заявитель и патентообладатель (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии). – № 201010302/21; заявл. 18.03.2010; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28 – 22 с.: ил.

55. ПАТ. 2485744 Российская Федерация, МКИ⁷ A01B69/00. Устройство

для вождения почвообрабатывающего орудия по рядкам растений [Текст] /

Бросалин В.Г., Манаенков К.А., Попов О.А., Федулев А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный

университет». – № 2011143342/13; заявл. 26.10.2011; опубл. 27.06.2013, Бюл.

№ 18 – 8 с.: ил.

56. ПАТ. 8794 Україна, МКИ⁷ A01B 9/00, A01B 13/16, Сільськогосподарський агрегат [Текст] / ЛИХОБАБА Юрій Васильович (UA), ПОЛУШКІН Олексій Володимирович (UA), Журавльов Григорій Павлович (UA), АНГЕЛОВ Віталій Миколайович (UA); заявник і

патентообладателем Український науково-дослідний інститут сільськогосподарського машинобудування (УКРНДІСГОМ) (UA). – №

4715294/UA; заявл. 04.07.1989; опубл. 30.09.1996, Бюл. № 3 – 4 с.: ил.

57. ПЕЙСАХОВИЧ Б.И. Обоснование выбора трактора общего назначе-

ния для возделывания пропашных культур / Б.И. Пейсахович // НТБ ВИМ.- 1985. - Вып. 62. - С. 3-6.

58. ПЕЙСАХОВИЧ Б.И. Обоснование эффективности расширения междурядий для прохода тракторов / Б.И. Пейсахович // НТБ ВИМ.- 1987. -

Вып. 67. - С. 5-9.

59. ПЕТРОВ Г.Д. Возделывание пропашных культур с единой уширенной базовой колесей / Г.Д. Петров, В.А. Хвостов // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. - 1984. - №2. - С. 44-46.

60. ПЕТРОВ Е.В. Тракторы Т-150К на возделывании пропашных культур / Е.В. Петров, Е.В. Борисов // Техника в сел. хоз.-ве. - 1986. - №8. - С. 34-35.

61. Погорілий Л.В. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління / Л.В. Погорілий // Техніка АПК. - 2004. - №1-2. - С. 6-7.

62. ПОЖИДАЕВ С.П. Дослідження копіювання рядків пропашних культур начіпним агрегатом / С.П. Пожидаєв // Вісник с.-г. науки. - 1980. - №2. - С. 54-58.

63. ПОЖИДАЕВ С.П. Про деякі спрощені методи складання рвнвань непрямолінійного руху колісної самохідної машини / С.П. Пожидаєв // Вісник с.-г. науки. - 1981. - № 7. - С. 41-45.

64. ПОЖИДАЕВ С. П. Обоснование способа повышения точности движения пропашного агрегата с трактором Т-150К: дис. канд. техн. наук / С.П. Пожидаєв. - Глеваха, 1984. - 222 с.

65. ПОЛЯК А.Я. Эксплуатация машинно-тракторных агрегатов на повышенных скоростях / А.Я. Поляк, А.Д. Шупак. - [2-е изд., перераб. и доп.] - М.: Колос, 1974. - 304 с.

66. ПОЛЯК А.Я. Конструктивные особенности комбинированной системы управления трактором Т-150К и возможные схемы его агрегатирования / А.Я. Поляк, В.А. Русанов, В.Я. Хохлин и др. // Тр. ВИМ. - 1978. - Т. 81. - С. 95-103.

67. ПОЛЯК А.Я. Комбинированная система управления на тракторе Т-150К / А.Я. Поляк, В.А. Русанов, А.Н. Садовников и др. // Механизация и электрификация соц. сел. хоз.-ва. - 1981. - №11. - С. 31-34.

68. ПОЛЯК А.Я. Тракторы общего назначения на возделывании пропашных культур / А.Я. Поляк, Н.М. Антышев, Б.И. Пейсахович. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 140 с.

69. ПРАВИЛА производства механизированных работ под пропашные культуры / Сост. К.С. Орманджи. - [2-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Россельхозиздат, 1986. - 303 с.

70. РОКАР И. Неустойчивость в механике: Автомобили. Самолеты. Висячие мосты / И. Рокар; пер. с фр. - М.: Изд-во иностр. лит., 1959. - 288 с.

71. РУМШИССКИЙ Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшицкий. - М.: Наука, 1971. - 192 с.

72. СААКЯН Д.Н. Система показателей комплексной оценки мобильных машин / Д.Н. Саакян. - М. - Агропромиздат, 1988. - 415 с.

73. СВІТОВІ тенденції розвитку мобільної енергетики і їх прогноз для України на початок ХХІ століття / В.Г. Євтенко, Л.В. Погорілий, Л.Г. Гром-Мазнічевський, Г.В. Шкарівський, Ю.М. Благодатний, О.М. Сидоренко; за ред. Л.В. Погорілого. - К.: «Сільгоспосвіта», 1997. - 68 с.

74. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ машины и орудия Германии. Технический обзор / Под ред. Л.А. Корбут и С.В. Чуенкова. - Берлин, 1947. - С. 213-224.

75. СЕРГЕЕВ В.И. Динамика навесного пропашного культиватора на повышенных скоростях: дис. канд. техн. наук / В.И. Сергеев. - Л.; Пушкин, 1970. - 168 с.

76. СИНЕОКОВ Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. - М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.

77. СОЛОХА М. Автоматичне керування культиваторами для міжрядного обробітку ґрунту просапних культур / М. Солоха // Пропозиція. — 2016. — № 12. — С. 162-165

78. СТАТИСТИЧНИЙ щорічник України за 1994 рік / Міністерство статистики України: Відповідальний за випуск В.В. Самченко. - К.: Техніка, 1995. - 519 с.

79. СТРИЖЕВ В.А. Определение некоторых кинематических параметров при движении пахотного агрегата на повороте / В.А. Стрижев // Тр. ЧИМЭСХ. - 1978. - Вып. 135. - С. 32-35.

80. СУЧАСНІ тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.

81. ТИМОШЕНКО В.Я. К вопросу устойчивости трактора Т-150К на вспашке торфяников / В.Я. Тимошенко // Тр. БСХА. - 1979. - Вып. 62. - С. 12-15.

82. *Трактор* ХТЗ-16131. Инструкция по эксплуатации.- Харьков: ОАО «Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе» – 1999. – 177 с.

83. *Тракторы* ХТЗ-17021, ХТЗ-16131, ХТЗ-121, Т-151К. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию – Харьков: ОАО «Харьковский тракторный завод».- 2001.- 344 с.

84. ТИШИН Б.М. Исследование управляемости колесного трактора 4×4 с шарнирной рамой на повороте (на примере К-700): автореф. дис. канд. техн. наук / Б.М. Тишин. - Л.; Пушкин, 1971. - 18 с.

85. ТОКАРЕВ В.А. Пути повышения производительности агрегатов при возделывании пропашных культур / В.А. Токарев, А.Г. Соловейчик // Тр. ВИМ. – 1975. – Т.67. – С. 116-133.

86. ФОРТУНА В.И. Научные основы устойчивости качественных показателей технологических процессов, выполняемых мобильными машинно-тракторными агрегатами: автореф. дис. докт. техн. наук / Фортуна В.И. - Саратов, 1971а. - 65 с.

87. ФОРТУНА В.И. Основы устойчивости качественных показателей технологических процессов, выполняемых мобильными машинно-тракторными агрегатами. / В.И. Фортуна // Тр. Волгоградского СХИ. 1971б. - Т. 39. – С. 129-208.

88. ХВОСТОВ В.А. Динамика самоходного трехосного агрегата для пропашных культур / В.А. Хвостов, Н.В. Позов // Тракторы и с.-х. машины. - 1978. - С. 32-33.

89. ЧЕРНОВ Г.Я. Экспериментальная установка для исследования управляемости и энергетических показателей трактора Т-150К / Г.Я. Чернов, М.Ф. Мурашкевич, Н.И. Дудко и др. // Тр. БСХА. - 1976. - Вып. 9. - С. 138-142.

90. ЧЕРНОВ Г.Я. К вопросу об управляемости тракторов с шарнирно-сочлененной рамой / Г.Я. Чернов // Тр. БСХА. - 1976, - Вып. 9. - С. 142-145.

91. ЧОРНА Т.С. Обґрунтування схеми та параметрів посівного агрегату на базі орно-просапного трактора [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.11 / Таврійський державний агротехнологічний

університет Міністерства аграрної політики України. - Мелітополь., 2010. -

16с.
92. ЧОРНА Т.С. Обґрунтування схеми та параметрів посівного агрегату на базі орно-просапного трактора [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.05.11 : захищена 12.11.10 : затв. 12.11.10 / Чорна Тетяна Сергіївна. - Мелітополь., 2010. - 141 с.

93. ЧУДАКОВ Д.А. Основы теории е.-х. навесных агрегатов / Д.А. Чудаков. - М.: Машгиз, 1954. - 175 с.

94. ШЕВЦОВ В.Г. Кинематический анализ управляемости элементов навесного МТА при обеспечении прямолинейного движения / В.Г. Шевцов // Тр. ВИМ. - 1988. - Т. 116. - С. 70-78.

95. Шкарівський Г.В. Порівняльні дослідження точності руху просапних агрегатів з різними конструктивно-компонувальними схемами і параметрами / Г.В. Шкарівський, С.П. Пожидаєв // Механізація і електрифікація сіль. госп-ва / Міжвідомчий тематичний наук. збірник. - К.: Урожай, -1993, - Вип. 77. - С. 91-96.

96. Шкарівський Г.В. До визначення розміщення поста керування енергозасобу орно-збирального типу / Г.В. Шкарівський // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва / Міжвідомчий тематичний наук. збірник. - К.: ЗАТ «Ей-Бі-Сі», 2002, - Вип. 86. - С. 260-263.

97. Шкарівський Г.В. Обґрунтування місця розташування поста керування збирального агрегату на базі мобільного енергетичного засобу / Г.В.

Шкарівський, Р.Г. Шкарівський. - Науковий вісник НУБіП України. 2018.

№282

С. 107-120.

URL:

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/issue/view/441>

98. Шотиков А.В. Методика оценки параметров обзорности с.-х. тракторов и машин на стадии их проектирования / А.В. Шотиков, С.А. Кашуба // Тракторная энергетика в растениеводстве. Сборник науч. трудов ХДТУСГ - Харьков.: 1999. - С.159-162.

99. Шотиков А.В. Оценка параметров обзорности с/х тракторов и машин на стадии испытаний / А.В. Шотиков, В.И. Шебанова. URL: http://www.rusnauka.com/7_NND_2009/Tecnic/42769.doc.htm. (дата звернення: 22.01.2021).

100. Шкарівський Г.В. Використання просапних агрегатів на базі колісного трактора тягового класу 3: [монографія] Г.В. Шкарівський. –К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2017. 405 с.

101. ШКАРІВСЬКИЙ Г.В. Порівняльні дослідження точності руху просапних агрегатів з різними конструктивно-компонувальними схемами і параметрами / Г.В. Шкарівський, С.П. Пожидаєв // Механізація і електрифікація сіль. госп-ва / Міжвідомчий тематичний наук. збірник. - К.: Урожай, - 1993. - Вип. 77. - С. 91-96.

102. ШКАРІВСЬКИЙ Г.В. До визначення розміщення поста керування енергособу орно-збирального типу / Г.В. Шкарівський // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва / Міжвідомчий тематичний наук. збірник. - К.: ЗАТ «Ей-Бі-Сі», - 2002, - Вип. 86. - С. 260-263.

103. ШКАРІВСЬКИЙ Г.В. До питання оцінювання адекватності результатів наукових досліджень / Г.В. Шкарівський, Р.Г. Шкарівський // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Вип. 7. – С.212-221.

104. ШОТИКОВ А.В. Методика оценки параметров обзорности с.-х. тракторов и машин на стадии их проектирования / А.В. Шотиков, С.А. Кашуба

// Тракторная энергетика в растениеводстве. Сборник науч. трудов ХДТУСГ - Харьков: 1999. - С.159-162.

105. ЭЛИС Д.Р. Управляемость автомобиля / Д.Р. Элис; пер. с англ. - М.: Машиностроение, 1975. - 216 с.

106. ЮШИН О.О. Про вибір конструкції потужного універсально-просапного трактора / О.О. Юшин // Вісник с.-г. науки. - 1987. - №1. - С. 64-68.

107. ЯРМАШЕВИЧ К.И. Кинематика колес трактора Т-150К при повороте / К.И. Ярмашевич // Тр. БСХА. - 1979. - Вып. 62. - С. 3-7.

108. ЯРОВОЙ В.Т. Исследование бокового увода тракторных шин и его влияние на некоторые показатели криволинейного движения агрегата: дис. канд. техн. наук / В.Т. Яровой. - Харьков, 1970. - 197 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України